

**OPTIMASI PELAKSANAAN PROYEK DENGAN
MENGUNAKAN PERT DAN CPM
(Studi kasus: Perumahan Royal Platinum)**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains pada
Jurusan Matematika

Oleh:

ALI ANWAR HARAHAHAP
10854002065



**JURUSAN MATEMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU
2012**

**OPTIMASI PELAKSANAAN PROYEK DENGAN
MENGUNAKAN PERT DAN CPM
(STUDI KASUS: PERUMAHAN ROYAL PLATINIUM)**

**ALI ANWAR HARAHAP
10854002065**

Tanggal Sidang: 02 Oktober 2012
Tanggal Wisuda: November 2012

Jurusan Matematika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
Jl. HR. Soebrantas No.155 Pekanbaru

ABSTRAK

Penulisan tugas akhir ini menjelaskan tentang optimasi pelaksanaan proyek dengan metode PERT dan CPM dalam pelaksanaan proyek perumahan Royal Platinum di Pekanbaru. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan probabilitas selesainya proyek dan menganalisa penambahan biaya yang harus dikeluarkan jika proyek tersebut dipercepat dari waktu normalnya. Data perumahan yang diambil adalah sebanyak 29 unit. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa probabilitas selesainya proyek tersebut sesuai dengan target yang diinginkan, yaitu mencapai 94,95 %. Jika pembangunan proyek tersebut dipercepat selama 8 hari dari waktu normalnya, maka penambahan biaya yang harus dikeluarkan adalah Rp. 528.000.

Katakunci: *Analisis Jaringan, PERT dan CPM.*

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan judul “**Optimasi Pelaksanaan Proyek dengan Menggunakan PERT dan CPM**”. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat kelulusan tingkat sarjana pada Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Selanjutnya limpahan shalawat serta salam kepada Nabi Muhammad SAW, pembawa petunjuk bagi seluruh umat manusia.

Dalam penyusunan dan penyelesaian laporan tugas akhir ini, penulis banyak sekali mendapat bimbingan, bantuan, arahan, nasehat, petunjuk, perhatian serta semangat dari berbagai pihak. Untuk itu sudah sepantasnya penulis mengucapkan terimakasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua tercinta, Ayah (M.Hamonangan) dan Ibu (Masnulan) yang tidak pernah lelah dan tiada henti melimpahkan kasih sayang, perhatian, motivasi yang membuat penulis mampu untuk terus dan terus melangkah, pelajaran hidup, juga materi yang tak mungkin bisa terbalas. Oleh karena itu, dengan hati tulus ikhlas penulis juga mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada:

1. Prof. Dr. H. M. Nazir selaku Rektor UIN Suska Riau.
2. Ibu Dra. Hj.Yenita Morena, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Ibu Sri Basriati, M.Sc selaku Ketua Jurusan Matematika Fakultas Sains dan Teknologi dan juga sekaligus pembimbing yang selalu senantiasa meluangkan waktunya dan memberikan bimbingan serta arahan kepada penulis sehingga laporan ini dapat di selesaikan.
4. Bapak Nilwan Andiraja, M.Sc dan Ibu Ari Pani Desvina, M.Sc selaku Penguji yang telah memberikan kritikan dan saran sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan

5. Ibu Fitri Aryani, M.Sc selaku Koordinator tugas akhir yang telah banyak membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
6. Semua dosen jurusan matematika yang banyak memberi masukan dan motivasi.
7. Kepada Keluarga (Abang, Kakak, Sepupu, dan Keponakan) yang tak lelah memberi bantuan, motivasi dan semangat serta doa yang tak terbalas.
8. Kepada pak rozi sebagai pegawai Cv. Cipta Bangun Persada yang telah banyak membantu dalam proses penelitian tugas akhir ini.
9. Kepada Pak Baren dan Pak Daniel selaku pengawas proyek pembangunan perumahan Royal Platinum yang selalu meluangkan waktunya untuk kelancaran pembuatan tugas akhir ini.
10. Teman-teman jurusan Matematika Angkatan 2008, kakak dan adik tingkat jurusan Matematika angkatan pertama sampai terakhir, serta teman-teman yang tak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini belum sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini selanjutnya.

Akhir kata penulis berharap semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pihak-pihak yang memerlukannya.

Pekanbaru, 02 Oktober 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR SIMBOL.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-3
1.3 Batasan Masalah	I-3
1.4 Tujuan Penelitian	I-3
1.5 Manfaat Penelitian	I-3
1.6 Sistematika Penulisan	I-4
 BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Analisa <i>Network</i> (Analisis Jaringan).....	II-1
2.1.1 Menyusun Jaringan Kerja.....	II-2
2.1.2 Perhitungan Jaringan Kerja.....	II-3
2.1.3 Perhitungan Kelonggaran Waktu.....	II-6
2.2 Metode PERT.....	II-7
2.2.1 Waktu Kegiatan dengan Distribusi Beta.....	II-8

2.2.2	Probabilitas Penyelesaian Proyek	II-13
2.3	Metode CPM	II-15
2.3.1	Biaya dan Waktu Perencanaan	II-16
2.3.2	Mempercepat Waktu Penyelesaian.....	II-17
 BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Metode Pengumpulan Data	III-1
3.2	Pengolahan Data	III-1
 BAB IV PEMBAHASAN		
4.1	Deskripsi Waktu Pelaksanaan Proyek Perumahan Royal Platinum	IV-1
4.2	Analisa Data	IV-3
4.2.1	Pengurutan Kegiatan.....	IV-4
4.2.2	Menentukan Nilai yang diharapkan dan Varians dengan Metode PERT.....	IV-6
4.2.3	Membuat Jaringan Kerja dengan Metode PERT dan CPM	IV-9
4.2.4	Probabilitas Selesaiannya Proyek dengan Metode PERT	IV-15
4.2.5	Percepatan Beberapa Kegiatan dengan Metode CPM.....	IV-15
 BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	V-1
5.2	Saran.....	V-1
 DAFTAR PUSTAKA		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Daftar Perencanaan Kegiatan Pemasangan Instalasi Air.....	II-19
2.2 Waktu (Te) dan Varians ($V(Te)$)	II-20
2.3 Daftar Kegiatan dan Biaya.....	II-21
2.4 Lintasan Kegiatan	II-22
2.5 Percepatan Kegiatan E	II-22
2.6 Percepatan Kegiatan C	II-22
2.7 Percepatan Kegiatan F	II-23
2.8 Percepatan Kegiatan A.....	II-23
2.9 Percepatan Kegiatan H.....	II-23
4.1 Perencanaan Kegiatan dan Waktu Perumahan Royal Platinum	IV-1
4.2 Urutan Waktu Kegiatan	IV-4
4.3 Waktu yang diharapkan (te) dan Varians ($V(te)$).....	IV-6
4.4 Perhitungan Lintasan Kritis dan <i>Slack</i>	IV-13
4.5 Biaya Normal dan Percepatan pada Lintasan Kritis	IV-16
4.6 <i>Slope</i> Biaya Lintasan Kritis.....	IV-17
4.7 Penambahan Biaya Minimum	IV-19

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi membuat matematika menjadi sangat penting, bahkan dapat dikatakan bahwa perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi tersebut tidak lepas dari peranan matematika. Tidak dapat dipungkiri bahwa matematika telah menjadi elemen dasar bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Hampir dapat dipastikan bahwa setiap bagian dari ilmu dan teknologi baik dalam unsur kajian umum ilmu murni maupun terapannya memerlukan peranan matematika sebagai ilmu bantunya.

Salah satu bagian dari matematika terapan adalah program linear (*linear programing*) yang merupakan suatu model dari penelitian operasional (Riset Operasi/*Operation Research*) yang digunakan untuk memecahkan masalah optimasi. Riset operasi diartikan sebagai peralatan manajemen yang menyatukan ilmu pengetahuan, matematika dan logika dalam rangka memecahkan masalah-masalah yang dihadapi sehari-hari sehingga akhirnya permasalahan tersebut dapat dipecahkan secara optimal. Misalnya dalam masalah perencanaan, dan pengendalian proyek yang berkembang pada saat sekarang ini.

Proyek merupakan gabungan dari sumber-sumber daya seperti manusia, material, peralatan, dan biaya yang dihimpun dalam suatu wadah organisasi untuk mencapai sasaran dan tujuan. Proses pencapaian tujuan tersebut telah ditentukan batasan, yakni besarnya biaya anggaran yang dialokasikan dan jadwal serta mutu yang harus dipenuhi. Batasan tersebut bersifat tarik menarik, yaitu jika ingin meningkatkan kinerja produk yang telah disepakati, maka berakibat naiknya biaya melebihi anggaran. Sebaliknya jika menginginkan biaya normal seperti biasanya harus disesuaikan dengan mutu dan jadwal yang telah direncanakan.

Analisis jaringan (*Network*) merupakan cara atau teknik dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek yang meliputi langkah-langkah yang bertujuan agar proyek dapat diselesaikan sesuai dengan sasaran waktu yang ditetapkan.

Perencanaan waktu memberikan masukan kepada perencanaan sumber daya agar sumber daya tersebut siap pada waktu yang ditentukan, perencanaan tersebut terdiri dari penentuan definisi komponen kegiatan dan perkiraan kurun waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan masing-masing komponen kegiatan. Hasil langkah-langkah tersebut dianalisa dengan pendekatan metode PERT dan CPM.

PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) dikembangkan sebagai suatu upaya meningkatkan kualitas perencanaan dan pengendalian proyek. Teknik PERT ini menggunakan tiga estimasi waktu untuk masing masing aktivitas. Masing-masing durasi aktivitas dapat terbentang dari waktu optimistik sampai ke pesimistik, sehingga rata-rata (*mean*) dan standar deviasi dari masing-masing aktivitas dapat dihitung. Setelah kedua parameter itu diketahui, maka distribusi waktu penyelesaian untuk proyek dan probabilitas penyelesaian proyek dapat diketahui.

CPM (*Critical Path Method*) hampir sama dengan teknik PERT yang mana sama-sama merupakan model dasar manajemen proyek dalam proses perencanaan, penjadwalan dan pengendalian proyek, tapi terdapat perbedaan dalam hal tujuan yang akan dicapai. Metode CPM ini lebih mengutamakan biaya sebagai objek yang dianalisis. Persoalan pokok yang menjadi persoalan dalam metode ini adalah seberapa besar biaya untuk menyelesaikan sebuah proyek jika waktu penyelesaiannya normal, jika harus dipercepat waktu penyelesaiannya berapa besar biayanya yang harus dikeluarkan, dan kegiatan mana yang harus dipercepat agar biaya percepatan total minimum.

Banyak metode optimasi yang diperoleh dalam kehidupan sehari-hari diantaranya dalam bidang industri yang mencoba mengoptimalkan produksinya dengan pendekatan operasi riset dan begitu juga halnya dalam masalah transportasi dan perdagangan. Hal inilah yang mendasari penulis tertarik untuk meneliti perencanaan dan pelaksanaan proyek yang sedang berkembang untuk mendapatkan hasil yang optimal dengan pendekatan metode-metode pada operasi riset yang berjudul **“Optimasi Pelaksanaan Proyek dengan Menggunakan PERT dan CPM”**

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah “bagaimana probabilitas selesainya suatu proyek dan berapa biaya tambahan yang harus dikeluarkan jika dilakukan percepatan sehingga diperoleh waktu yang optimal dengan menggunakan metode PERT dan CPM?”

1.3 Batasan Masalah

Untuk mewujudkan tujuan dari penelitian ini penulis membatasi masalah yang dibahas sebagai berikut :

1. Metode yang digunakan adalah PERT dan CPM dalam menentukan probabilitas selesainya proyek dan waktu optimal setelah dilakukan percepatan (*crashing*).
2. Data yang dipergunakan dalam penelitian hanya berupa waktu dan biaya.
3. Ketersediaan sumber daya dan bahan telah tersedia.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui probabilitas selesainya proyek.
2. Mengetahui jumlah biaya yang harus dikeluarkan jika proyek tersebut dipercepat.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagi Penulis

Adapun manfaat yang didapatkan melalui penelitian ini adalah peneliti bisa mengetahui bagaimana aplikasi dari metode PERT dan CPM untuk pembangunan proyek.

2. Bagi Lembaga Pendidikan

Sebagai bahan referensi dalam memecahkan masalah yang berkaitan dengan masalah yang dikaji dalam penelitian ini, yaitu penelitian dengan pemecahan masalah dalam optimasi dalam pekerjaan suatu proyek sehingga proyek tersebut dapat terlaksana sesuai waktu yang diharapkan.

3. Bagi Perusahaan

Dapat memberikan gambaran dan informasi yang berguna bagi perusahaan dalam melakukan pekerjaan suatu proyek, dengan metode PERT dan CPM ini kita bisa mengestimasi kapan kira-kira proyek ini akan bisa diselesaikan dan berapa biaya yang harus dikeluarkan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika dalam pembuatan tulisan ini terdiri lima bab yaitu:

BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II Landasan Teori

Bab ini berisi tentang penguraian konsep dan prinsip dasar yang diperlukan untuk memecahkan permasalahan dalam penelitian yang dilakukan.

BAB III Metodologi Penelitian

Menguraikan urutan langkah penelitian yang akan dilakukan, mulai dari obyek penelitian, pengumpulan dan metode pengambilan data yang digunakan dalam penelitian, serta langkah-langkah penelitian secara sistematis.

BAB IV Analisis dan Pembahasan

Membahas tentang pengolahan data, analisis dari hasil pengolahan data dan pembahasan pada kasus yang terjadi.

BAB V Penutup

Berisikan tentang kesimpulan dan saran-saran yang penulis dapatkan dari hasil penelitian.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Analisa Network (Analisa Jaringan)

Analisis jaringan pertama kalinya diperkenalkan menjelang Tahun 1950 oleh Tim *Engineer* dan ahli matematika dari perusahaan *Du-pont* bekerja sama dengan *rand corporation* dalam usaha mengembangkan sistem kontrol manajemen. Sistem ini dimaksudkan untuk merencanakan dan mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki hubungan ketergantungan yang kompleks dalam masalah *desian engineering*. konstruksi dan perbaikan. Analisa jaringan kerja bertujuan untuk mengkoordinir semua unsur (elemen) kedalam rencana utama sehingga diperoleh waktu yang diharapkan untuk penyelesaian. Jaringan kerja bisa digunakan untuk beberapa hal, seperti mengembangkan jadwal yang optimum, penggunaan sumber-sumber daya yang efisien dan efektif, kegiatan-kegiatan yang bersipat kritis dalam penyelesaian proyek secara keseluruhan, lama perkiraan waktu penyelesaian proyek, dan memudahkan perbaikan terhadap penyimpangan yang terjadi.

Penyusunan jaringan kerja pada dasarnya merupakan salah satu teknik pengelolaan dalam manajemen proyek dan merupakan sarana operasional dalam proyek. Manajemen proyek secara umum dapat dikatakan sebagai alat pelaksana dan sekaligus berfungsi sebagai alat pengawasan dan pengendalian proyek. Proyek sebagai kumpulan kegiatan yang saling berhubungan dan saling berkaitan, dimana dikerjakan sesuai urutan kerja proyek. Menurut Subagyo (2005), Jaringan bisa digunakan untuk merencanakan suatu proyek, antara lain sebagai berikut:

- a. Pembangunan rumah, jalan dan jembatan
- b. Kegiatan penelitian
- c. Perbaikan, pembongkaran dan pemasangan mesin pabrik
- d. Kegiatan-kegiatan advertensi
- e. Pembuatan kapal dan pesawat.

2.1.1 Menyusun Jaringan Kerja

Analisis jaringan pada dasarnya terdiri dari rangkaian lingkaran kecil (*note*) dan anak panah (*arrow*). Lingkaran kecil (*note*) berfungsi sebagai permulaan atau akhir dari suatu kegiatan, sedangkan anak panah disini berfungsi sebagai penghubung antar lingkaran kecil (*note*) yang menunjukkan arah dari suatu kegiatan awal kepada kegiatan akhir atau tujuan. Menurut Dimyati (1992), simbol-simbol yang digunakan dalam analalisis jaringan adalah sebagai berikut:

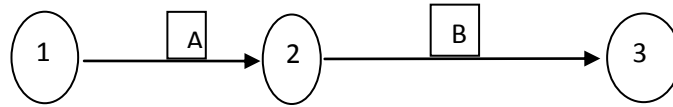
- a. Anak panah (\longrightarrow) = *arrow*, menyatakan sebuah kegiatan atau aktivitas. Kegiatan ini didefenisikan sebagai hal yang memerlukan *duration* (jangka waktu tertentu) dalam pemakaian sejumlah *resources* (sumber tenaga, peralatan, material, dan biaya). Baik panjang maupun kemiringan anak panah ini sama sekali tidak mempunyai arti. Jadi, tidak perlu menggunakan skala. Kepala anak panah menjadi pedoman arah tiap kegiatan, yang menunjukan bahwa suatu kegiatan dimulai dari permulaan dan berjalan maju sampai akhir kegiatan.
- b. Lingkaran kecil (\bigcirc) = *node*, menyatakan sebuah kejadian atau peristiwa atau event. Kejadian disini didefenisikan sebagai ujung atau pertemuan dari satu atau beberapa kegiatan.
- c. Anak panah putus-putus ($- - \longrightarrow$) = menyatakan kegiatan semu atau *dummy* yang berguna untuk membatasi mulainya kegiatan. Seperti halnya kegiatan biasa, panjang atau kemiringan *dummy* ini tidak berarti apa-apa. Bedanya dengan kegiatan biasa adalah *dummy* tidak memiliki waktu (*duration*).

Pelaksanaannya dalam analisis jaringan, simbol-simbol yang digunakan mengikuti aturan-aturan sebagai berikut:

- a. Diantara dua kejadian yang sama hanya boleh digambarkan satu anak panah.
- b. Nama suatu aktivitas dinyatakan sebagai huruf atau dengan nomor kegiatan
- c. Aktivitas harus mengalir dari dari kegiatan yang terendah ke kegiatan yang bernomor tinggi
- d. Diagram hanya memiliki sebuah permulaan kegiatan (*initial event*) dan sebuah akhir kegiatan (*terminal event*).

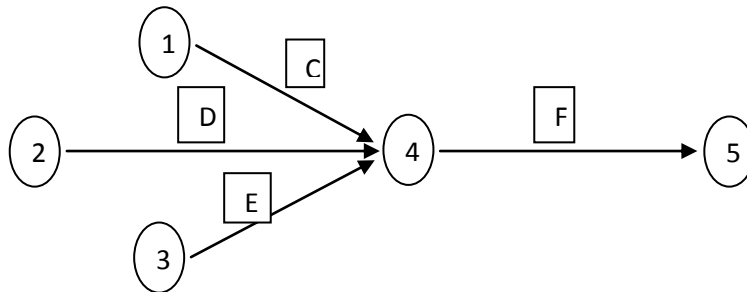
Logika-logika ketergantungan kegiatan-kegiatan berdasarkan aturan yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

1. Jika suatu kegiatan A harus diselesaikan dahulu sebelum kegiatan B dapat dimulai, maka hubungan antara kedua kegiatan ini adalah :



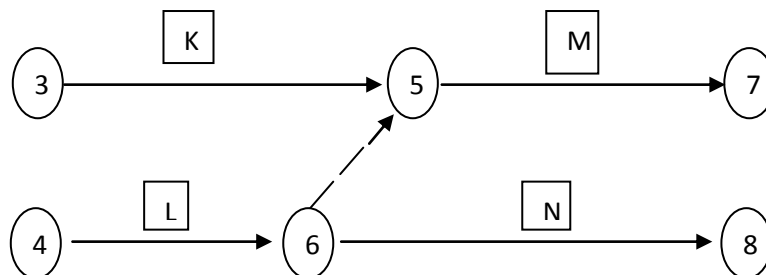
Gambar 2.1 Jaringan Kerja A(1-2) dan B(2-3)

2. Jika kegiatan C, D, E harus selesai sebelum kegiatan F bisa dimulai, maka bentuk jaringannya sebagai berikut:



Gambar 2.2 Jaringan Kerja C(1-4), D(2-4), E(3-4), dan F(4-5)

3. Jika kegiatan K dan L harus selesai sebelum kegiatan M dapat dimulai, tetapi kegiatan N sudah boleh dimulai bila kegiatan L sudah selesai, maka bentuk jaringannya sebagai berikut:

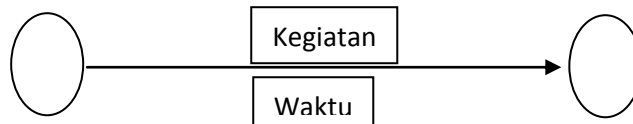


Gambar 2.3 Jaringan Kerja dengan Menggunakan *Dummy*

2.1.2 Perhitungan Jaringan Kerja

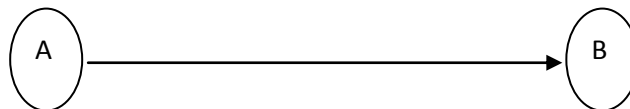
Dikenal dua macam jaringan kerja dalam penyusunannya sebagai berikut:

1. Kegiatan anak panah, atau *activity on arrow* (AOA), yaitu kegiatan digambarkan sebagai anak panah menghubungkan dua lingkaran yang mewakili dua peristiwa. Ekor anak panah merupakan awal dan ujungnya sebagai akhir kegiatan. Nama dan kurun waktu kegiatan ditulis berturut-turut ditulis diatas dan dibawah anak panah, seperti jaringan di bawah ini:



Gambar 2.4 Jaringan AOA

2. Kegiatan ditulis dalam kotak atau lingkaran, yang disebut *activity on node* (AON). Anak panah hanya menjelaskan hubungan ketergantungan diantara kegiatan-kegiatan, seperti jaringan dibawah ini:



Gambar 2.5 Jaringan AON

Proses identifikasi jalur kritis, dikenal beberapa simbol-simbol perhitungan dalam pembuatan jaringan pada PERT dan CPM sebagai berikut:

- a. *Earliest Time of Occurance (TE)*, yaitu waktu paling awal peristiwa, yang merupakan waktu paling awal suatu kegiatan. Menurut aturan dasar jaringan kerja, suatu kegiatan baru bisa dimulai bila kegiatan terdahulu sudah selesai dilakukan.
- b. *Lates Occurance Time (TL)*, yaitu waktu paling akhir terjadinya suatu kegiatan. Merupakan waktu terakhirnya diperbolehkan selesainya suatu kegiatan.
- c. *Earliest Start Time (ES)*, yaitu waktu paling awal suatu kegiatan.
- d. *Earliest finish time (EF)*, waktu selesai paling awal suatu kegiatan.
- e. *Latest activity start time (LS)*, waktu paling lambat suatu kegiatan bisa dimulai

- f. *Lates activity finist time (LF)*, waktu paling lambat diselesaikannya suatu kegiatan.
- g. *Activity duration time (t)*, waktu yang diperlukan untuk suatu aktivitas.
- h. *Total slack* atau *total float (S)*

Cara perhitungan yang dilakukan terdiri dari dua cara, yaitu cara perhitungan maju dan perhitungan mundur. Perhitungan maju bergerak dari mulainya suatu peristiwa menuju ke akhir peristiwa. Maksudnya disini adalah menghitung saat paling cepat terjadinya peristiwa dan saat paling cepat dimulainya serta diselesaikannya aktivitas-aktivitas (TE, ES , dan EF). Perhitungan mundur bergerak dari akhir peristiwa menuju ke awal terjadinya suatu peristiwa. Tujuannya adalah untuk menghitung paling lambat terjadinya suatu kegiatan dan saat paling lambat dimulainya dan diselesaikannya aktivitas-aktivitas (TL, LS , dan LF).

1. Perhitungan Maju (*forward computation*)

Mengidentifikasi jalur kritis dikenal suatu cara yang disebut hitungan maju.

Ada tiga langkah yang dilakukan pada perhitungan maju, yaitu:

- a. Saat tercepatnya suatu peristiwa ditentukan pada hari ke nol sehingga untuk awal peristiwa $TE = 0$ (2.1)

- b. Jika awal peristiwa terjadi pada hari ke-nol, maka:

$$\begin{aligned} ES(i, j) &= TE(j) = 0 \\ EF(i, j) &= ES(i, j) + t(i, j) \\ &= TE(j) + t(i, j) \end{aligned} \quad (2.2)$$

- c. Peristiwa yang menghubungkan beberapa kegiatan. Suatu peristiwa hanya dapat terjadi jika aktivitas aktivitas yang mendahuluinya telah diselesaikan. Maka saat paling cepat terjadinya sebuah peristiwa sama dengan nilai terbesar dari saat tercepat untuk menyelesaikan aktivitas-aktivitas yang berakhir pada peristiwa tersebut.

$$TE = \max (EF(i1, j), EF(i2, j), \dots, EF(in, j)) \quad (2.3)$$

2. Perhitungan mundur (*backward computation*)

Perhitungan mundur dimaksudkan untuk mengetahui waktu paling akhir dapat melakukan memulai dan mengakhiri masing-masing kegiatan tanpa menunda waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan, yang telah dihasilkan pada perhitungan maju. Perhitungan mundur dimulai dari ujung kanan (akhir penyelesaian proyek) suatu jaringan kerja. Seperti halnya perhitungan maju, pada perhitungan mundur dilakukan dalam tiga langkah, yaitu:

- a. Pada akhir peristiwa berlaku

$$TL = TE \quad (2.4)$$

- b. Saat paling lambat untuk memulai suatu kegiatan sama dengan saat paling lambat untuk menyelesaikan aktivitas itu dikurangi dengan waktu aktivitas tersebut.

$$LS(i, j) = TL(j) - t(i, j) \quad (2.5)$$

- c. Peristiwa yang “mengeluarkan” beberapa kegiatan (*burst event*). Setiap kegiatan hanya dapat dimulai apabila kegiatan yang mendahuluinya telah terjadi. Oleh karena itu, saat paling lambat terjadinya suatu kegiatan sama dengan nilai terkecil dari saat-saat paling lambat untuk memulai aktivitas-aktivitas yang berpangkal pada peristiwa tersebut.

$$TL(i) = \min (LS(i, 1j), LS(i, 2j), \dots, LS(i, nj)) \quad (2.6)$$

2.1.3 Perhitungan Kelonggaran Waktu (*slack* atau *float*)

Setelah perhitungan maju dan mundur selesai dilakukan, maka berikutnya harus dilakukan perhitungan lintasan kritis dan kelonggaran waktu dari kegiatan-kegiatan yang terdiri atas *total float*. *Total float* adalah jumlah waktu dimana waktu penyelesaian suatu aktivitas dapat diundur tanpa mempengaruhi penyelesaian proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, *total float* ini dihitung dengan cara mencari selisih antara saat mulainya aktivitas ($LS - ES$), bisa juga dengan mencari selisih antara saat paling lambat diselesaikannya aktivitas dengan dengan saat paling cepatnya aktivitas ($LF - EF$), dalam hal ini cukup dipilih salah satunya saja.

Seandainya jika yang digunakan persamaan $S = LS - ES$, maka total *float* aktivitas (i, j) adalah $S(i, j) = LS(i, j) - ES(i, j)$. Dari perhitungan mundur telah diketahui bahwa $LS(i, j) = TL(j) - t(i, j)$, sedangkan dari perhitungan maju $ES(i, j) = TE(i)$, maka: $S(i, j) = TL(j) - t(i, j) - TE(i)$. Sebaliknya, jika akan menggunakan persamaan $S = LF - EF$, maka total *float* aktivitas (i, j) adalah $S(i, j) = LF(i, j) - EF(i, j)$. dari perhitungan maju kita diketahui bahwa $EF(i, j) = TE(i) + t(i, j)$, sedangkan dari perhitungan mundur $LF(i, j) = TL(j)$, maka:

$$S(i, j) = TL(j) - TE(i) - t(i, j) \quad (2.7)$$

2.2 Metode PERT

PERT (*Project Evaluation and Review Technique*) adalah sebuah model *Management Science* untuk perencanaan dan pengendalian sebuah proyek. PERT pertama kalinya dikembangkan oleh perusahaan konsultan Booz-Allen dan hamilton pada tahun 1958 dalam proyek *polaris weapons system*, yaitu proyek khusus dari US Navy. Kehandalan model PERT sebagai alat bantu dalam perencanaan dan pengendalian operasi diuji pada proyek tersebut, ternyata teknik PERT ini berhasil mengkoordinasi kegiatan-kegiatan yang melibatkan ratusan kontraktor utama dan ribuan individu sehingga proyek tersebut dapat terselesaikan enam belas bulan lebih cepat dari taksiran semula. Sebagai dampak dari keberhasilan itu, pemerintah amerika kemudian menerapkan PERT pada proyek-proyek berikutnya sampai sekarang ini (*Siswanto*).

PERT, merupakan teknik analisis jaringan yang menggunakan waktu aktivitas yang bersifat probabilitas. Metode PERT disini menggunakan tiga estimasi waktu dalam pelaksanaan proyek untuk setiap aktivitasnya. Metode PERT digunakan dalam peranan yang sangat penting bukan hanya dalam hal peningkatan akurasi penentuan waktu aktifitas, tetapi juga dalam hal pengkoordinasian dan pengendalian kegiatan yang bervariasi dan bergantung pada banyak faktor. Dengan kata lain PERT mengatasi masalah probabilitas waktu aktifitas saat melakukan penjadwalan proyek.

2.2.1 Waktu Kegiatan dengan Distribusi Beta

Perencanaan dan pengendalian adalah dua hal yang tidak mungkin dipisahkan, karna perencanaan tanpa pengendalian tidak akan ada manfaatnya karena kegiatan-kegiatan tidak akan memiliki arah dan tujuan yang pasti sehingga koordinasi sulit dilakukan. Begitu juga sebaliknya, pengendalian tanpa perencanaan adalah mustahil karena tidak ada dasar yang dapat digunakan sebagai tolak ukur penilaian sehingga sulit diketahui apakah hasil telah sesuai dengan harapan yang diinginkan.

Penentuan waktu penyelesaian kegiatan dalam manajemen proyek ini merupakan salah satu kegiatan awal yang sangat penting dalam proses perencanaan karena penentuan waktu tersebut akan menjadi dasar bagi perencanaan yang lainnya, seperti penyusunan jadwal, anggaran, dan sumber organisasi yang lainnya. Penentuan waktu yang tidak akurat akan mengacau rencana yang lainnya. Oleh karena itu penentuan waktu penyelesaian kegiatan ini merupakan faktor yang sangat menentukan bagi keberhasilan dalam menyelesaikan proyek. Teknik PERT disini memegang peranan yang sangat penting bukan hanya dalam hal peningkatan akurasi penentuan waktu kegiatan, tetapi juga dalam hal pengkoordinasian dan pengendalian kegiatan-kegiatan.

Proses pengendalian PERT menjadi pedoman untuk peninjauan kegiatan, analisis kegiatan, dan tindakan koreksi yang bersifat adaptif. Parameter utama pada model PERT adalah waktu penyelesaian kegiatan. Begitu juga dalam kehidupan sehari-hari, sering dilakukan estimasi tentang penyelesaian suatu pekerjaan, proses penaksiran dengan cara yang demikian sangat subjektif sifatnya, dan sangat sulit dijabarkan. Model PERT pada dasarnya menjabarkan proses taksiran tersebut secara ilmiah kedalam distribusi beta sehingga bisa diketahui bagaimana proses taksiran waktu penyelesaian suatu kegiatan dilakukan. Penjabarannya juga memungkinkan pembuat keputusan mengetahui tingkat kepastian waktu penyelesaian suatu kegiatan.

Distribusi beta adalah merupakan salah satu distribusi teoritik yang dapat digunakan sebagai model pembuat keputusan. Kemungkinan ini didukung karena distribusi beta dapat memberikan taksiran yang bagus terhadap sebuah distribusi

probabilitas yang lebar. Disamping itu, distribusi beta memberikan taksiran yang baik untuk suatu kegiatan empirik dan subjektif. Atas dasar itulah distribusi beta menjadi pilihan yang tepat untuk menaksir waktu penyelesaian kegiatan pada model PERT.

PERT, melalui distribusi beta menggunakan taksiran-taksiran waktu untuk menentukan waktu penyelesaian suatu kegiatan agar lebih realistik. Tiga macam taksiran waktu yang digunakan oleh PERT yaitu:

1. Taksiran waktu optimis (a)

Taksiran waktu optimis (*optimistic duration time*) merupakan waktu tersingkat untuk menyelesaikan kegiatan bila segala sesuatunya berjalan mulus. Secara statistik a adalah batas bawah distribusi probabilitas

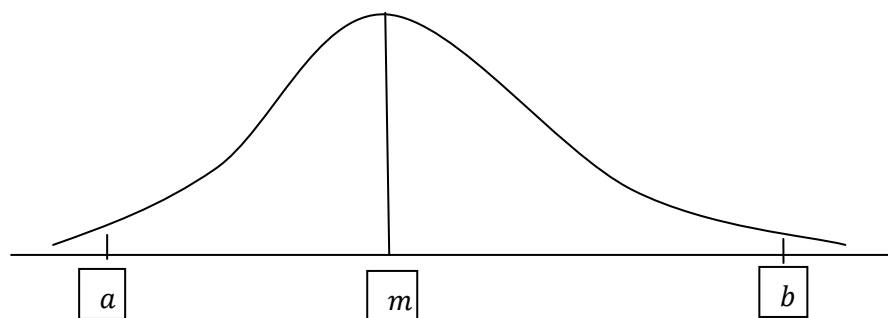
2. Taksiran waktu paling mungkin (m)

Taksiran waktu paling mungkin (*most likely time*) merupakan waktu paling sering terjadi penyelesaian suatu kegiatan. Secara statistik m adalah modus atau titik tertinggi dari distribusi probabilitas.

3. Taksiran waktu pesimis (b)

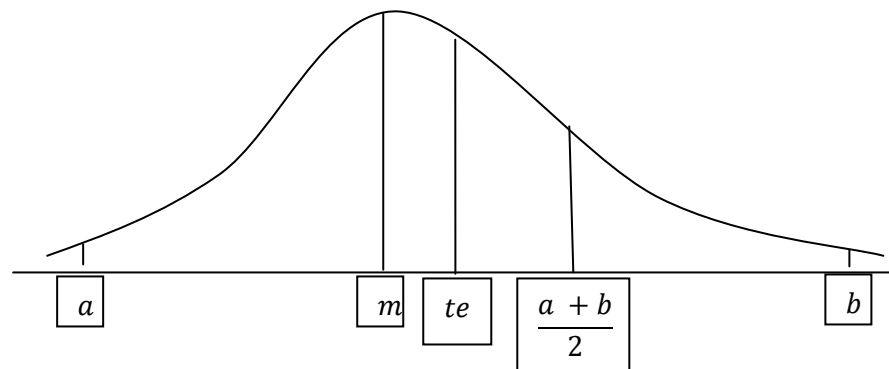
Taksiran waktu pesimis (*pessimistic duration time*) merupakan waktu paling lama untuk menyelesaikan suatu kegiatan. Secara statistik b adalah taksiran batas atas distribusi probabilitas.

Kedudukan ketiga taksiran waktu penyelesaian tersebut diperlihatkan pada gambar di bawah ini:



Gambar 2.6 Tiga Taksiran Waktu pada Distribusi Beta

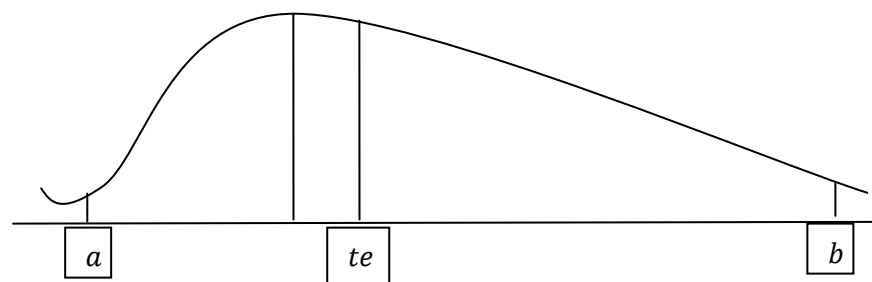
Tujuan dari distribusi probabilitas adalah ingin mengetahui *expected value* dan *varians* dari setiap kegiatan yang dilakukan. *Expected value* (*te*) dan *varians* dalam model PERT tidak dapat dipenuhi oleh distribusi beta jika tidak ada hubungan tertentu yang sifatnya membatasi antara *a*, *m*, dan *b*. Selanjutnya karakteristik hubungan tersebut membuat titik tengah atau *mid range* terletak pada $(a + b)/2$ sehingga *expected value* adalah rata-rata dari nilai tengah dan modulus. Oleh karena itu, *expected value* akan terletak pada 1/3 bagian antara modulus dengan nilai tengah seperti gambar di bawah ini:



Gambar 2.7 Nilai Tengah, *te*, *a*, *m*, dan *b* pada Distribusi Beta

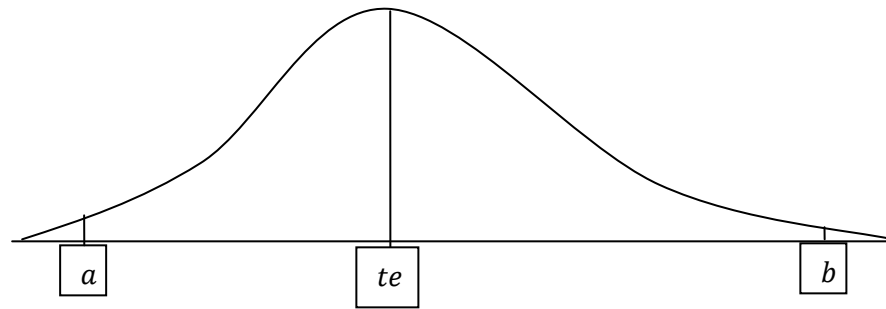
Kedudukan *expected value* (*te*) pada distribusi beta tergantung pada nilai taksiran tiga macam parameter waktu PERT. Nilai taksiran tersebut akan menentukan bentuk dari distribusi beta, sehingga akan ada tiga macam kemungkinan bentuk distribusi beta, seperti gambar di bawah ini:

1. Kurva Miring Kekan



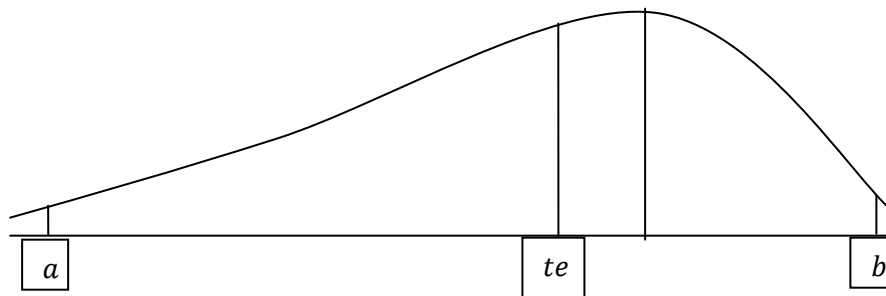
Gambar 2.8 Kurva Menceng Kekan

2. Kurva Simetris



Gambar 2.9 Kurva Simetris

3. Kurva Miring Kekiri



Gambar 2.10 Kurva Menceng Kekiri

Expected value (te) akan terletak disebelah kanan m jika kurva menceng ke kanan, sebaliknya te akan terletak disebelah kiri m jika kurva menceng ke kiri, dan te akan terletak tepat pada m jika kurva simetrik. *Expected value* (te) dapat ditentukan sebagai berikut:

jika nilai tengah adalah

$$\frac{a + b}{2}$$

maka jarak m ke nilai tengah adalah

$$\frac{a + b}{2} - m$$

sehingga jarak m ke te adalah

$$\frac{1}{3} \left[\frac{a + b}{2} - m \right]$$

oleh karena itu, luas te adalah luas m ke te ditambah dengan luas m , yaitu:

$$\begin{aligned} te &= m + \frac{1}{3} \left[\frac{a+b}{2} - m \right] \\ &= m + \left[\frac{a+b}{6} - \frac{1}{3} m \right] \\ &= m + \left[\frac{a+b-2m}{6} \right] \end{aligned}$$

Sehingga :

$$te = \left[\frac{a+b+4m}{6} \right] \quad (2.9)$$

dengan:

te : waktu yang diharapkan setiap kegiatan

Taksiran waktu penyelesaian kegiatan te merupakan median dari distribusi beta. Oleh karena itu kemungkinan te berhasil adalah sama dengan kemungkinan te gagal, atau dengan kata lain jaminan untuk kebenaran waktu penyelesaian adalah 50% dan begitu juga dengan kegagalannya (Siswanto, 2007). Estimasi kurun waktu kegiatan metode PERT memakai rentang waktu dan bukan satu kurun waktu yang relatif mudah dibayangkan. Rentang waktu ini menandai derajat ketidakpastian yang berkaitan dengan proses estimasi kurun waktu kegiatan. Berapa besarnya ketidakpastiaan ini tergantung pada besarnya angka yang diperkirakan untuk a dan b . Parameter yang membahas tentang masalah ini dalam PERT dikenal dengan standart deviasi dan varians. Berdasarkan ilmu statistik, angka standar deviasi adalah sebesar $1/6$ dari rentang distribusi ($a - b$) dengan sebagai berikut:

$$S = \frac{a-b}{6}$$

dan

$$V(te) = \left[\frac{a-b}{6} \right]^2 \quad (2.10)$$

dengan:

S : standart deviasi

$V(te)$: varians

2.2.2 Probabilitas Penyelesaian Proyek

waktu penyelesaian suatu proyek ditunjukkan oleh waktu penyelesaian jalur kritis, yaitu jumlah waktu penyelesaian kegiatan-kegiatan kritis. Selagi te atau taksiran waktu penyelesaian suatu kegiatan adalah persentil ke- 50 pada distribusi beta, maka secara individual tingkat kebenaran taksiran itu adalah 50%. Dasar kebenaran taksiran ini berdasarkan pada *central limit theorem* sebagai berikut:

central limit theorem 2.1

jika C mempunyai suatu distribusi dengan rata-rata atau mean m dan standar deviasi s , maka rata-rata sampel C atas dasar sampel acak yang berukuran n akan mempunyai distribusi sebuah distribusi yang mendekati distribusi normal suatu variabel dengan rata-rata m dan standar deviasi S/\sqrt{n} ketika n semakin besar.

Deskripsi tentang *central limit theorem* diatas banyak menimbulkan pertanyaan-pertanyaan kritis tentang macam distribusi dan ukuran sampel yang dipakai. Oleh karena itu ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dari *central limit theorem* ini, sebagai berikut:

1. kecenderungan sampel acak mengikuti distribusi normal jika n bertambah terjadi pada setiap macam distribusi baik kontiniu maupun diskrit.
2. Tidak ada satu metode yang pasti untuk menentukan jumlah sampel n agar distribusi sampel mendekati distribusi normal, karena nilai n yang tepat akan tergantung pada distribusi probabilitas populasi.
3. Jika distribusi probabilitas C simetrik dengan rata-rata maka *central limit theorem* akan bekerja sangat baik untuk ukuran sampel yang kecil, bahkan untuk $n = 10$ atau lebih kecil. Sebaliknya jika tidak simetrik maka diperlukan ukuran sampel yang lebih besar.

Berdasarkan deskripsi diatas, maka kita mempunyai alasan untuk mengatakan bahwa waktu penyelesaian jalur kritis yang memiliki distribusi beta

dan dihasilkan dari penjumlahan kegiatan-kegiatan kritis, akan memiliki distribusi normal dengan rata-rata m dan standart deviasi S/n .

dengan demikian, jika :

tek : taksiran waktu penyelesaian kegiatan kritis

$V(tek)$: variansi waktu penyelesaian kegiatan kritis

maka:

$$Te = \sum tek$$

$$V(Te) = \sum V(tek)$$

dengan :

Te : waktu penyelesaian waktu kritis

$V(Te)$: variansi waktu kritis

Sesuai dengan *central limit theorem*, tingkat kebenaran Te atau waktu penyelesaian suatu proyek adalah 50% yaitu sama dengan tingkat kebenaran te yang bersifat simetris seperti kurva distribusi normal. Distribusi normal merupakan kurva dalam bentuk lonceng yang sering digunakan dalam ilmu statistika. Untuk mengetahui kemungkinan mencapai target jadwal dapat dilakukan dengan menghubungkan antara waktu yang diharapkan T_e dan target yang ingin dicapai T_d yang dinyatakan dengan rumus:

$$Z = \frac{T_d - Te}{\sqrt{V(Te)}} \quad (2.11)$$

dengan:

T_d : target yang ingin dicapai

Z : nilai distribusi dalam distribusi normal

Adapun langkah-langkah dalam menyelesaikan metode PERT adalah sebagai berikut:

1. Menghitung perkiraan waktu aktifitas dan varians dengan menentukan nilai a , b , dan m untuk setiap kegiatan, maka didapatkan waktu yang diharapkan (Te) dan varians.

2. Membuat jaringan kerja.
3. Penentuan lintasan kritis dari perkiraan waktu aktifitas untuk menghitung waktu penyelesaian proyek serta varians.
4. Menentukan probabilitas proyek yang dapat dianalisis kemungkinan tercapainya target.
5. Nilai Z tersebut selanjutnya akan digunakan untuk menentukan nilai probabilitas yang terdapat dalam tabel distribusi normal kumulatif.

2.3 Metode CPM

CPM (*Critical Path Method*) adalah model ilmu manajemen untuk perencanaan dan pengendalian biaya sebuah proyek. Metode ini dikembangkan oleh perusahaan *DuPont* pada tahun 1957 untuk membangun sebuah pabrik kimia. Meskipun dikembangkan pada saat yang hampir bersamaan dengan metode PERT, namun model CPM ini pada mulanya dikembangkan secara terpisah dari model PERT. PERT dan CPM ini sama-sama dikembangkan oleh dua lembaga atau organisasi yang berbeda. Bahkan sejak pertama kali kedua metode ini telah berbeda dalam hal tujuan yang ingin dicapai.

Meskipun mempunyai tujuan yang berbeda, tapi kedua metode ini memiliki konsep yang hampir sama. Keduanya merupakan model dasar manajemen proyek dalam hal perencanaan, penjadwalan, dan pengendalian sumber-sumber organisasi seperti dana dan sumber daya manusia. Analisis kegiatan-kegiatan yang terlibat dalam proyek, model CPM seperti halnya PERT juga menggunakan analisis jaringan kerja. Tujuan dari analisis jaringan dalam metode CPM ini untuk menentukan jalur kritis terdiri dari rangkaian kegiatan kritis, dimulai dari kegiatan pertama sampai pada kegiatan terakhir proyek. Jalur kritis ini sangat penting bagi pelaksana proyek, karena pada jalur ini terletak kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan.

Metode CPM ini lebih mengutamakan biaya sebagai objek yang dianalisis, dengan analisa jaringan kerja metode ini berusaha mengoptimalkan biaya total proyek jika jangka waktu proyek diperpendek, yaitu dengan

memperpendek salah satu atau beberapa kegiatan dari proyek tersebut. Kegiatan yang diperpendek disini adalah kegiatan yang dilalui jalur kritis, karena kegiatan-kegiatan kritis yang perlu diperhatikan dalam metode CPM ini.

2.3.1 Biaya dan Waktu Perencanaan

Metode CPM merupakan model manajemen proyek yang mengutamakan biaya sebagai objek yang dianalisis, persoalan pokok yang menjadi perhatian model ini adalah:

1. Berapa besar biaya untuk menyelesaikan sebuah proyek jika waktu penyelesaiannya normal.
2. Jika waktu penyelesaian suatu proyek harus dipercepat maka berapa besar biaya yang harus dikeluarkan dan kegiatan mana saja yang harus dipercepat agar biaya percepatan total minimum.

Dengan demikian ada dua kondisi yang diobservasi oleh model CPM, yaitu:

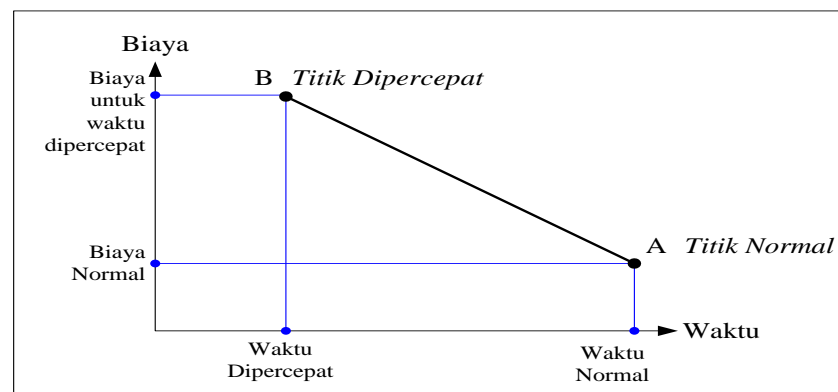
1. Kondisi penyelesaian proyek secara normal.
2. Kondisi penyelesaian proyek yang dipercepat.

Dua macam kondisi yang diobservasi di atas akan menurunkan empat macam parameter, yaitu:

- a. Waktu normal merupakan waktu yang diperlukan bagi sebuah proyek untuk melakukan rangkaian kegiatan sampai selesai tanpa ada pertimbangan terhadap penggunaan sumber daya
- b. Biaya normal merupakan biaya langsung yang dikeluarkan selama penyelesaian kegiatan-kegiatan proyek sesuai dengan waktu normalnya.
- c. Waktu dipercepat atau lebih dikenal dengan *crash time* merupakan waktu paling singkat untuk menyelesaikan seluruh kegiatan yang secara teknis pelaksanaannya masing mungkin dilakukan.
- d. Biaya untuk waktu dipercepat atau *crash cost* merupakan biaya langsung yang dikeluarkan untuk menyelesaikan kegiatan dengan waktu yang dipercepat.

Biaya dan waktu penyelesaian suatu kegiatan normal, maka biaya langsung yang terlibat dalam penyelesaian dikategorikan sebagai biaya normal, sedangkan

jika percepatan terhadap suatu kegiatan dikehendaki maka diperlukan tambahan biaya langsung sebagai biaya percepatan. Waktu untuk menyelesaikan kegiatan yang lebih cepat dari waktu normal tersebut dinamakan waktu cepat dan biaya yang berkaitan dengan percepatan kegiatan tersebut dinamakan biaya cepat. Istilah normal disini semata-mata digunakan untuk membedakan kondisi normal dari kondisi yang tidak normal, yaitu waktu yang lebih cepat atau biaya yang lebih besar. Hubungan antara kedua kondisi itu dapat dilihat dari grafik di bawah ini:



Gambar 2.11 Hubungan Waktu dan Biaya Normal dan *Crash*

2.3.2 Mempercepat Waktu Penyelesaian

Percepatan waktu penyelesaian dari suatu pelaksanaan proyek mengacu pada percepatan dari kegiatan-kegiatan yang ada dalam menyelesaikan proyek lebih cepat. Waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan proyek ditentukan oleh lintasan kritis, maka untuk memperpendek waktu dari jadwal penyelesaian proyek harus menfokuskan pada kegiatan-kegiatan yang berada pada lintasan kritis. Tujuan pokok untuk mempercepat waktu penyelesaian adalah memperpendek waktu penyelesaian proyek dengan kenaikan biaya yang seminimal mungkin. Proses mempercepat waktu penyelesaian proyek dinamakan *crash program*. Akan tetapi, terdapat batas waktu percepatan (*crash time*) yaitu suatu batas dimana dilakukan pengurangan waktu melewati batas waktu ini akan tidak efektif lagi.

Prosedur menggunakan *crash schedule*, tentu saja biayanya akan jauh lebih besar dibandingkan dengan *normal schedule*. Langkah *crash schedule* ini dipilih

kegiatan-kegiatan kritis dengan tingkat kemiringan terkecil untuk mempercepat pelaksanaannya. Langkah ini dilakukan sampai seluruh kegiatan mencapai nilai *crash time*-nya. Perhitungan yang dilakukan untuk menentukan sudut kemiringan (waktu dan biaya suatu kegiatan) atau lebih dikenal dengan *slope* adalah:

$$\text{Slope Biaya} = \frac{\text{Biaya Dipercepat} - \text{Biaya Normal}}{\text{Waktu Normal} - \text{Waktu Dipercepat}} \quad (2.12)$$

Setelah hubungan biaya dengan waktu ini ditentukan, diselesaikan aktivitas-aktivitas proyek dalam waktu normalnya. Kemudian tentukan lintasan kritis dan biaya langsungnya. Langkah selanjutnya yaitu mempertimbangkan pengurangan waktu. Karena pengurangan waktu ini hanya akan efektif jika waktu dari aktivitas-aktivitas kritis dikurangi, maka yang perlu diperhatikan adalah aktifitas-aktifitas kritis itu saja. Agar diperoleh pengurangan waktu dan biaya sekecil mungkin, maka harus menekan sebanyak mungkin aktifitas-aktifitas kritis yang mempunyai kemiringan garis biaya waktu terkecil. Banyaknya aktivitas yang dapat ditekan ini dibatasi oleh *crash time* masing-masing. Namun batasan-batasan lain harus juga dipertimbangkan sebelum menetapkan jumlah aktivitas yang pasti dapat dipersingkat. Sebagai hasil penekanan satu aktifitas ini adalah jadwal baru yang mungkin mempunyai lintasan kritis baru juga. Ongkos jadwal baru ini tentunya lebih besar dari jadwal sebelumnya. Berdasarkan jadwal baru ini dipilih aktifitas-aktifitas kritis dengan kemiringan terkecil untuk dipercepat pelaksanaannya. Prosedur ini diulangi hingga seluruh aktifitas kritis berada pada *crash time* masing-masing.

Sistematika dari proses penyusunan jaringan kerja (*network*) pada metode CPM adalah sebagai berikut:

- 1 Mengkaji dan mengidentifikasi lingkup proyek, menguraikan, memecahkannya menjadi kegiatan-kegiatan atau kelompok kegiatan yang merupakan komponen proyek.
- 2 Penyusunan suatu *network* diagram yang menunjukkan hubungan antar kegiatan yang sesuai dengan proyek tersebut.

- 3 Perhitungan lama waktu yang dibutuhkan untuk setiap lintasan (*path*) yang terdapat dalam *network*.
- 4 Melakukan percepatan waktu proyek untuk mendapatkan biaya yang minimum

Contoh 2.1

Dalam rangka memperoleh air bersih dan mengurangi pencemaran lingkungan, perusahaan tekstil *Ciung Wanara* merencanakan untuk memasang instalasi pengolah air dipabriknya. Rincian kegiatan dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek tersebut sebagai berikut:

Tabel 2.1 Daftar Perencanaan Kegiatan Pemasangan Instalasi Air

Simbol	Kegiatan	Kegiatan Pendahulu	Waktu		
			a	m	b
A	Perancangan sistem	-	9	10	11
B	Pembuatan saluran air	A	8	8	8
C	Pembuatan pondasi	A	7	9	11
D	Pemesanan mesin	A	9	12	15
E	Pembuatan instalasi listrik	C	4	5	12
F	Pemasangan pipa	B, E	5	7	9
G	Pemasangan mesin	C, D	4	5	6
H	Finishing dan start-up	F, G	2	3	10

Bila proyek ini dijadwalkan selama 39 hari, berapa probabilitas proyek dapat diselesaikan tepat pada waktunya.

Penyelesaian :

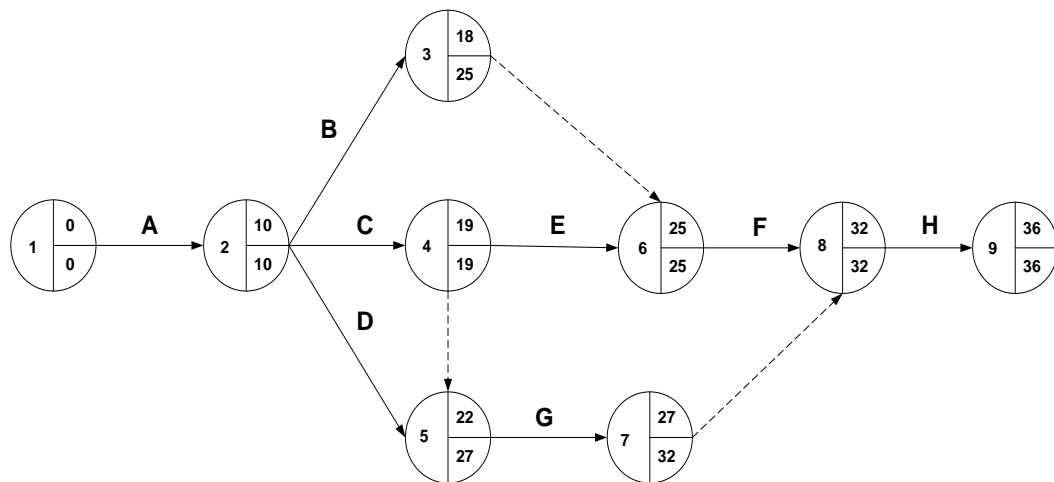
Langkah-langkah untuk menyelesaikan proyek di atas adalah sebagai berikut:

1. Menghitung perkiraan waktu (Te) dan varians ($V(Te)$)

Tabel 2.2 Waktu (Te) dan Varians ($V(Te)$)

Kegiatan	Kegiatan Pendahulu	Waktu			te	$V(te)$
		a	m	b		
A	-	9	10	11	10	0,11
B	A	8	8	8	8	0
C	A	7	9	11	9	0,44
D	A	9	12	15	12	1
E	C	4	5	12	6	1,77
F	B, E	5	7	9	7	0,44
G	C, D	4	5	6	5	0,11
H	F, G	2	3	10	4	1,77

2. Membuat jaringan kerja



Gambar 2.12 Jaringan Kerja Proyek

3. Menentukan lintasan kritis

Berdasarkan Gambar 1 diperoleh lintasan kritisnya sebagai berikut:

- A-B-F-H = 29 hari
- A-C-E-F-H = 36 hari
- A-C-G-H = 28 hari
- A-D-G-H = 31 hari

Lintasan b merupakan lintasan kritis karena mempunyai waktu paling lama dibandingkan lintasan-lintasan yang lainnya.

4. Menentukan probabilitas selesainya proyek tersebut dalam 28 hari

Jumlah T_e dalam lintasan kritis adalah 36 dan jumlah variansnya adalah 4,53, maka diperoleh nilai Z sebagai berikut:

$$Z = \frac{Td - Te}{\sqrt{V(Te)}} = \frac{39 - 36}{\sqrt{4,53}} = \frac{3}{2,13} = 1,408$$

Berdasarkan tabel distribusi normal didapatkan nilai $Z = 1,40$ adalah 0,4192, berarti probabilitas proyek dengan waktu yang diharapkan 39 hari mencapai 91,92 %. Setelah dilihat probabilitas selesainya proyek, manajer ingin mengetahui berapa biaya yang harus dikeluarkan jika proyek tersebut diselesaikan dalam waktu 33 hari, di bawah ini daftar kegiatan biaya:

Tabel 2.3 Daftar Kegiatan dan Biaya

Kegiatan	Normal		Cepat	
	Waktu (Rp)	Biaya (Rp)	Waktu (hari)	Biaya tambahan (Rp/hari)
A	10	100.000	9	20.000
B	8	50.000	-	-
C	9	100.000	7	10.000
D	12	150.000	10	20.000
E	6	50.000	5	10.000
F	7	100.000	6	15.000
G	5	100.000	4	10.000
H	4	50.000	3	20.000
Jumlah		700.000		

Berdasarkan Gambar 2.12 telah diketahui lintasannya seperti Tabel 2.4 di bawah ini:

Tabel 2.4 Lintasan Kegiatan

No	Lintasan kegiatan	Waktu
A	A-B-F-H	29
B	A-C-E-F-H	36
C	A-C-G-H	28
D	A-D-G-H	31

Lintasan kritis pada Tabel 2.4 adalah bagian b, langkah selanjutnya mempercepat waktu dari lintasan kritis dilihat dari biaya tambahan yang terkecil. Kegiatan pertama yang dipercepat adalah kegiatan E satu hari seperti Tabel 2.5 di bawah ini:

Tabel 2.5 Percepatan Kegiatan E

No	Lintasan Kegiatan	Waktu	Biaya Tambahan (Rp)
A	A-B-F-H	29	10.000
B	A-C-E-F-H	35	
C	A-C-G-H	28	
D	A-D-G-H	31	
Jumlah			10.000

Percepatan selanjutnya dilakukan pada kegiatan C dua hari, karena kegiatan C dilalui lintasan a dan b maka waktu kedua lintasan tersebut akan berkurang seperti Tabel 2.6 di bawah ini:

Tabel 2.6 Percepatan Kegiatan C

No	Lintasan Kegiatan	Waktu	Biaya Tambahan (Rp)
A	A-B-F-H	29	10.000 20.000 30.000
B	A-C-E-F-H	33	
C	A-C-G-H	26	
D	A-D-G-H	31	
Jumlah			30.000

Begitu juga dengan kegiatan F, jika dipercepat satu hari maka lintasan a dan b akan berkurang karena sama-sama dilalui kegiatan F seperti Tabel 2.7 di bawah ini:

Tabel 2.7 Percepatan Kegiatan F

No	Lintasan Kegiatan	Waktu	Biaya Tambahan (Rp)
A	A-B-F-H	28	10.000 20.000 15.000
B	A-C-E-F-H	32	
C	A-C-G-H	26	
D	A-D-G-H	31	
Jumlah			45.000

Percepatan pada kegiatan A akan mempercepat semua lintasan karena semua lintasan dilalui kegiatan A seperti Tabel 2.8 di bawah ini:

Tabel 2.8 Percepatan Kegiatan A

No	Lintasan Kegiatan	Waktu	Biaya Tambahan (Rp)
A	A-B-F-H	27	10.000 20.000 15.000 20.000
B	A-C-E-F-H	31	
C	A-C-G-H	25	
D	A-D-G-H	30	
Jumlah			65.000

Sama halnya dengan kegiatan H jika dipercepat, maka semua lintasan akan berkurang seperti Tabel 2.9 di bawah ini:

Tabel 2.9 Percepatan Kegiatan H

No	Lintasan Kegiatan	Waktu	Biaya Tambahan (Rp)
A	A-B-F-H	26	10.000 20.000 15.000 20.000 20.000
B	A-C-E-F-H	30	
C	A-C-G-H	24	
D	A-D-G-H	29	
Jumlah			85.000

Hasil percepatan ini memberikan kesimpulan bahwa biaya normal untuk menyelesaikan proyek selama 39 hari adalah Rp. 700.000,- dan jika proyek dipercepat menjadi 33 hari Biaya yang harus dikeluarkan adalah Rp. 700.000,- + Rp. 85.000,- = Rp. 785.000,-.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Bab III dalam metodologi penelitian ini membahas tentang metode penelitian yang dilakukan dengan PERT dan CPM, adapun langkah-langkah dalam penelitian ini adalah:

3.1 Metode Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data perencanaan waktu penyelesaian proyek dan juga anggaran biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk menyelesaikan proyek tersebut. Data-data tersebut didapatkan dengan datang langsung ke kantor penanggung jawab proyek di CV. Cipta Bangun Persada dan survei langsung ke lapangan proyek, yaitu proyek pembangunan 29 unit perumahan Royal Platinum yang berada di jalan Sm. Amin (Arengka II) Pekanbaru.

3.2 Pengolahan Data

Langkah-langkah pengolahan data yang didapatkan dari pembangunan proyek perumahan royal platinum adalah:

1. Mengurutkan pengerjaan dan hubungan ketergantungan dari awal sampai akhir kegiatan.
2. Menentukan waktu untuk tiga angka estimasi yang digunakan untuk mendapatkan waktu yang diharapkan dan varians kegiatan.

- a. Waktu yang diharapkan (te)

$$te = \frac{(a + 4m + b)}{6}$$

- b. Variansi ($V(te)$)

$$V(te) = \left[\frac{a - b}{6} \right]^2$$

3. Membuat jaringan kerja untuk seluruh kegiatan, serta mengidentifikasi jalur kritis, *total slack*.

- a. Perhitungan maju

$$ES(i,j) = TE(j) = 0$$

$$\begin{aligned}
EF(i,j) &= ES(i,j) + t(i,j) \\
&= TE(j) + t(i,j) \\
TE &= \max (EF_{(i1,j)}, EF_{(i2,j)}, \dots, EF_{in,j})
\end{aligned}$$

b. Perhitungan mundur

$$\begin{aligned}
TL &= TE \\
LS(i,j) &= TL(j) - t(i,j) \\
TL(i) &= \min (LS_{(i,j1)}, LS_{(i,j2)}, \dots, LS_{i,jn})
\end{aligned}$$

c. Perhitungan kelonggaran waktu.

$$S(i,j) = TL(j) - TE(i) - t(i,j)$$

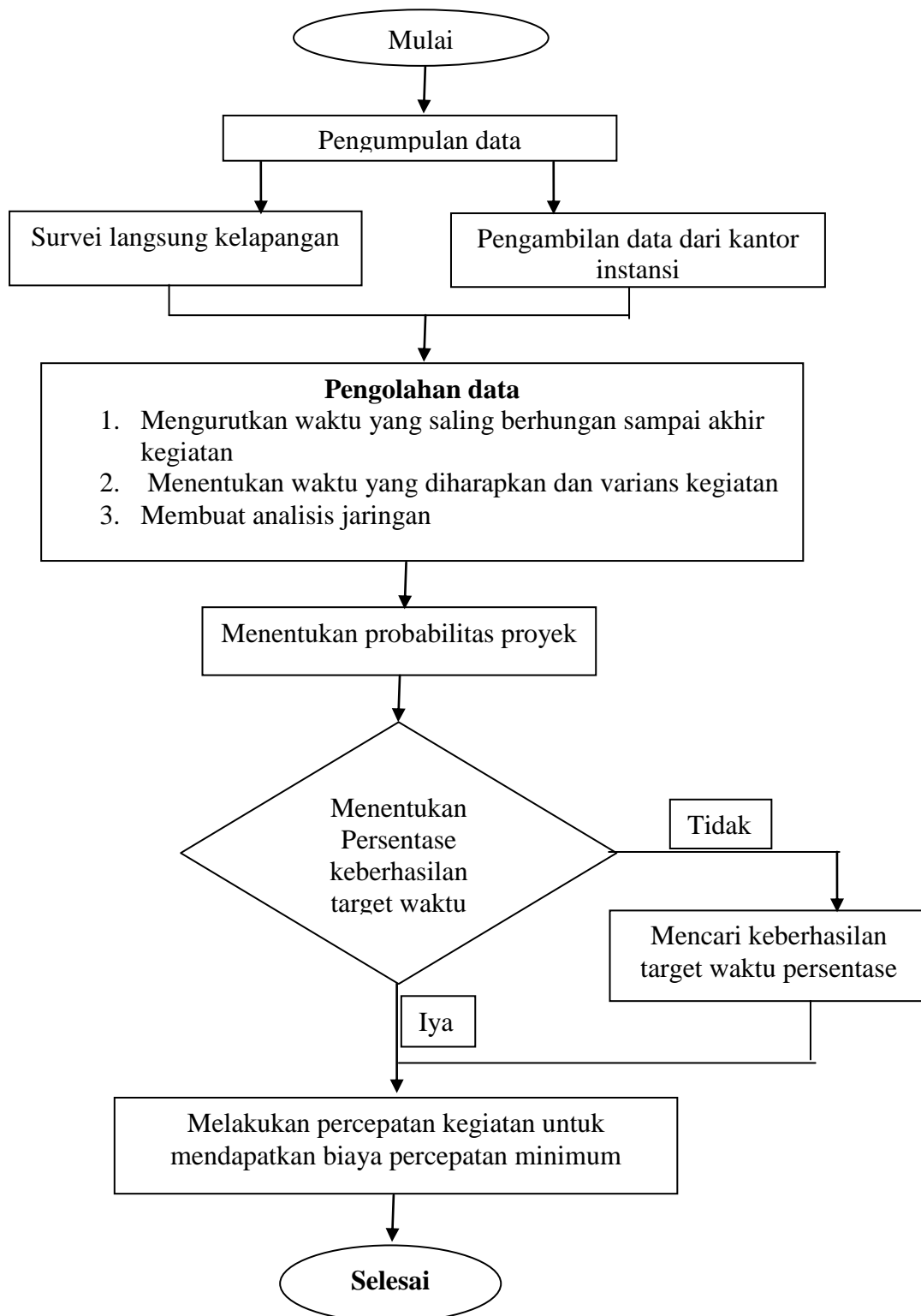
4. Menentukan probabilitas selesainya proyek (Z)

$$Z = \frac{Td - Te}{\sqrt{V(Te)}}$$

5. Melakukan percepatan beberapa kegiatan dengan melihat *slope* biaya terkecil untuk mendapatkan biaya penambahan yang minimum.

$$Slope \text{ Biaya} = \frac{Biaya \text{ Dipercepat} - Biaya \text{ Normal}}{Waktu \text{ Normal} - Waktu \text{ Dipercepat}}$$

Langkah-langkah pengolahan data di atas bisa digambarkan dalam *flowchart* sebagai berikut:



Gambar 3.1 *Flowchart* Analisis Metode PERT dan CPM

BAB IV

PEMBAHASAN

Bab IV dalam penelitian berisikan tentang pembahasan optimasi pelaksanaan proyek pembangunan perumahan royal platinum dengan menggunakan PERT dan CPM.

4.1 Deskripsi Waktu Pelaksanaan Proyek Perumahan Royal Platinum

Pembangunan proyek Perumahan Royal Platinum yang berada di jalan Sm. Amin (Arengka II) Pekanbaru oleh CV. Cipta Bangun Persada, dijadwalkan akan selesai dikerjakan selama 10 bulan terhitung pada tanggal 1 Oktober 2011 sampai 31 Juli 2012. Adapun daftar-daftar nama kegiatan dan waktu kegiatan yang harus diselesaikan adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Perencanaan Kegiatan dan Waktu Perumahan Royal Platinum

No	Uraian Kegiatan	Simbol Kegiatan	Waktu (Hari)		
			<i>a</i>	<i>m</i>	<i>b</i>
1	Direksikeet	A	4	5	6
2	Air kerja	B	4	6	7
3	Listrik kerja	C	2	4	6
4	Pasang bowplank	D	3	4	6
5	Galian pondasi dan sloof	E	10	13	15
6	Lantai kerja bawah pondasi	F	10	13	15
7	Pondasi setempat	G	7	10	12
8	Sloop beton bertulang lantai 1	H	10	12	15
9	Cor Kolom beton bertulang lantai 1	I	13	15	17
10	Kolom bulat 40 cor 1:2:3 lantai 1	J	12	14	16
11	Pasang batu-bata lantai 1 dan teras	K	15	20	25
12	Kolom praktis lantai 1	L	8	10	13
13	Pipa air kotor/air hujan	M	8	10	12
14	Cor Balok diatas pintu dan jendela lantai 1	N	8	10	12
15	Pasang kozen pintu dan jendela lantai 1	O	9	10	11
16	Instalasi titik lampu dan stop kontak lantai 1	P	6	8	9
17	Cor Kanopy beton diatas jendela lantai 1	Q	8	12	15
18	Cor Balok beton bertulang 20/30 lantai 2	R	15	18	20

19	Cor Balok beton bertulang 20/40 lantai 2	S	15	18	20
20	Cor Lislank beton lantai 2	T	10	12	15
21	Cor lantai beton bertulang lantai 2	U	13	15	18
22	Cor Kolom beton bertulang lantai 2	V	13	15	18
23	Plaster batu bata lantai 1	W	15	20	25
24	Cor Tangga beton bertulang	X	10	12	15
25	Pasang batu bata lantai 2	Y	15	20	25
26	Cor Kolom praktis lantai 2	Z	10	12	15
27	Cor balok diatas pintu dan jendela lantai 2	AA	10	12	14
28	Instalasi titik lampu dan stop kontak lantai 2	AB	6	8	9
29	Pasang kozen pintu dan jendela lantai 2	AC	9	10	11
30	Cor Balok beton bertulang lantai atap	AD	18	20	25
31	Cor Balok beton bertulang lantai + 10.30	AE	14	18	21
32	Cor lislank beton	AF	12	15	16
33	Cor lantai beton bertulang lantai atap	AG	14	18	21
34	Cor lantai beton bertulang lantai + 10.30	AH	17	20	24
35	Plaster batu bata lantai 2	AI	20	25	28
36	Cor kanopy beton diatas pintu dan jendela	AJ	10	12	15
37	Urugan tanah bekas galian	AK	10	15	18
38	Tanah urugan bawah lantai	AL	12	15	18
39	Rabat beton di bawah lantai	AM	15	18	20
40	Rabat beton carport dan halaman	AN	17	18	21
41	Plaster dan aci lantai atap dan teras	AO	12	15	18
42	Waterprooping lantai atap dan teras	AP	8	12	16
43	Septictank dan resapan	AQ	6	8	10
44	Bak kontrol	AR	4	8	10
45	Floor drains lantai 1	AS	5	7	9
46	Floor drains lantai 2	AT	5	7	9
47	Pipa air bersih	AU	6	8	10
48	Pipa air kloset lantai 1	AV	6	8	10
49	Pipa air kloset lantai 2	AW	6	8	11
50	Pemasangan kloset lantai 1	AX	3	5	7
51	Pemasangan kloset lantai 2	AY	3	5	7
52	Kramik lantai 1	AZ	18	20	24
53	Keramik lantai dan dinding kamar mandi lantai 1	BA	12	14	16

54	Keramik meja dan dinding dapur lantai 1	BB	10	12	13
55	Keramik tangga	BC	8	10	15
56	Keramik lantai 2	BD	18	20	24
57	Keramik lantai dan dinding kamar mandi lantai 2	BE	12	15	20
58	Plint keramik lantai 1	BF	8	10	13
59	Plint keramik lantai 2	BG	8	10	13
60	Waterproofing kamar mandi	BH	8	8	8
61	Daun jendela dan pintu lantai 1	BI	6	8	10
62	Daun jendela dan pintu lantai 2	BJ	6	8	10
63	Kunci, engsel, hak angin dan engsel jendela dan pintu lantai 1	BK	10	12	15
64	Kunci, engsel, hak angin dan engsel jendela dan pintu lantai 2	BL	10	12	15
65	Plapon gypsum lantai 1	BM	8	10	14
66	Plapon gypsum lantai 2	BN	8	10	14
67	Stop kontak, sekelar dan kotak mcb lantai 1	BO	8	10	15
68	Stop kontak, sekelar dan kotak mcb lantai 2	BP	8	10	15
69	Relief dan profil tampak depan	BQ	18	20	26
70	Cat dinding dalam dan luar lantai 1	BR	15	20	25
71	Cat dinding dalam dan luar lantai 2	BS	15	20	25
72	Cat plafon lantai 1	BT	5	8	10
73	Cat plafon lantai 2	BU	5	8	10
74	Cat minyak kozen,pintu dan jendela lantai 1	BV	6	8	10
75	Cat minyak kozen,pintu dan jendela lantai 2	BW	6	8	10
76	Pembersihan dan perapian	BX	4	5	7

Berdasarkan Tabel 4.1 diatas diketahui bahwa kegiatan-kegiatan pembangunan proyek perumahan royal platinum terdiri dari 76 kegiatan, yang dimulai dari direksikeet sampai pembersihan dan perapian.

4.2 Analisis Data

Analisa data pada pembahasan ini adalah ingin melihat probabilitas selesainya proyek dengan metode PERT dan juga menganalisa berapa penambahan biaya yang harus dikeluarkan jika beberapa kegiatan dipercepat

dengan menggunakan metode CPM. Adapun langkah-langkah analisa data pada proyek pembangunan perumahan Royal Platinum ini adalah sebagai berikut:

4.2.1 Pengurutan Kegiatan

Pengurutan waktu pada kegiatan bertujuan untuk mengetahui kegiatan mana saja yang bisa dilakukan setelah kegiatan terdahulu selesai dilakukan. Langkah ini perlu dilakukan untuk membuat analisis jaringannya. Adapun urutan kegiatan proyek perencanaan perumahan Royal Platinum adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Urutan Waktu Kegiatan

No	Simbol Kegiatan	Kegiatan yang Mendahului
1	A	-
2	B	-
3	C	-
4	D	A, B, C
5	E	D
6	F	E
7	G	E
8	H	F,G
9	I	H
10	J	H
11	K	I,J
12	L	I,J
13	M	I,J
14	N	I,J
15	O	I,J
16	P	I,J
17	Q	K,O
18	R	K,L,M,N,O,P
19	S	K,L,M,N,O,P
20	T	K,L,M,N,O,P
21	U	K,L,M,N,O,P
22	V	R,S,T,U
23	W	V
24	X	U
25	Y	V
26	Z	V
27	AA	V
28	AB	V
29	AC	V
30	AD	Y,Z,AA,AB,AC
31	AE	Y,Z,AA,AB,AC
32	AF	Y,Z,AA,AB,AC

33	AG	AD,AE,AF
34	AH	AD,AE,AF
35	AI	AG,AH
36	AJ	AG,AH
37	AK	AG,AH
38	AL	AG,AH
39	AM	AK,AL
40	AN	AK,AL
41	AO	AM,AN
42	AP	AM,AN
43	AQ	AM,AN
44	AR	AM,AN
45	AS	AQ,AR
46	AT	AQ,AR
47	AU	AQ,AR
48	AV	AQ,AR
49	AW	AQ,AR
50	AX	AV
51	AY	AW
52	AZ	AO,AP
53	BA	AO,AP
54	BB	AO,AP
55	BC	AO,AP
56	BD	AO,AP
57	BE	AO,AP
58	BF	AZ,BA,BB,BC
59	BG	BD, BE
60	BH	BD, BE
61	BI	BF
62	BJ	BG
63	BK	BF
64	BL	BG
65	BM	BF
66	BN	BG
67	BO	BF
68	BP	BG
69	BQ	BF,BG
70	BR	BI,BK,BM,BO
71	BS	BJ,BL,BN,BP
72	BT	BM
73	BU	BN
74	BV	BI,BK
75	BW	BJ,BL
76	BX	BR,BS,BT,BU,BV,BW

Setelah pengurutan kegiatan selesai dilakukan sesuai Tabel 4.2 diatas langkah selanjutnya adalah menentukan nilai yang diharapkan dan varians setiap kegiatan berdasarkan waktu pada Tabel 4.1 diatas.

4.2.2 Menentukan Nilai yang diharapkan dan Varians dengan Metode PERT

Setelah mengetahui semua kegiatan dan ketergantungannya, langkah selanjutnya menentukan waktu yang diharapkan (te) dan varians untuk setiap kegiatan ($V(te)$). Tujuannya adalah untuk mengetahui kepastian waktu setiap kegiatan dan berapa besar penyimpangan dari setiap kegiatan tersebut. Adapun cara perhitungan waktu yang diharapkan (te) dan varians ($V(te)$) berdasarkan Rumus 2.9 dan 2.10 adalah sebagai berikut:

➤ **Kegiatan Direksikeet (A)**

$$te = \frac{4 + 4(5) + 6}{6} = 5 \text{ Hari}$$

$$V(te) = \left[\frac{4 - 6}{6} \right]^2 = (0,33)^2 = 0,11$$

➤ **Kegiatan Air Kerja (B)**

$$te = \frac{4 + 4(6) + 7}{6} = 5,83 \text{ Hari}$$

$$V(te) = \left[\frac{4 - 7}{6} \right]^2 = (0,5)^2 = 0,25$$

Langkah diatas dilakukan untuk setiap kegiatan sehingga diperoleh waktu yang diharapkan dan variansnya seperti tabel di bawah ini:

Tabel 4.3 Waktu yang diharapkan (te) dan Varians ($V(te)$)

No	Uraian Kegiatan	Waktu (Hari)			te	$V(te)$
		a	m	b		
1	Direksikeet	4	5	6	5	0,11
2	Air kerja	4	6	7	5,83	0,25
3	Listrik kerja	2	4	6	4	0,44
4	Pasang bowplank	3	4	6	4,16	0,25
5	Galian pondasi dan sloof	10	13	15	12,83	0,69
6	Lantai kerja bawah pondasi	10	13	15	12,83	0,69
7	Pondasi setempat	7	10	12	9,83	0,69
8	Sloop beton bertulang lantai 1	10	12	15	12,16	0,69
9	Cor Kolom beton bertulang lantai 1	13	15	17	15	0,44
10	Kolom bulat 40 cor 1:2:3 lantai 1	12	14	16	14	0,44

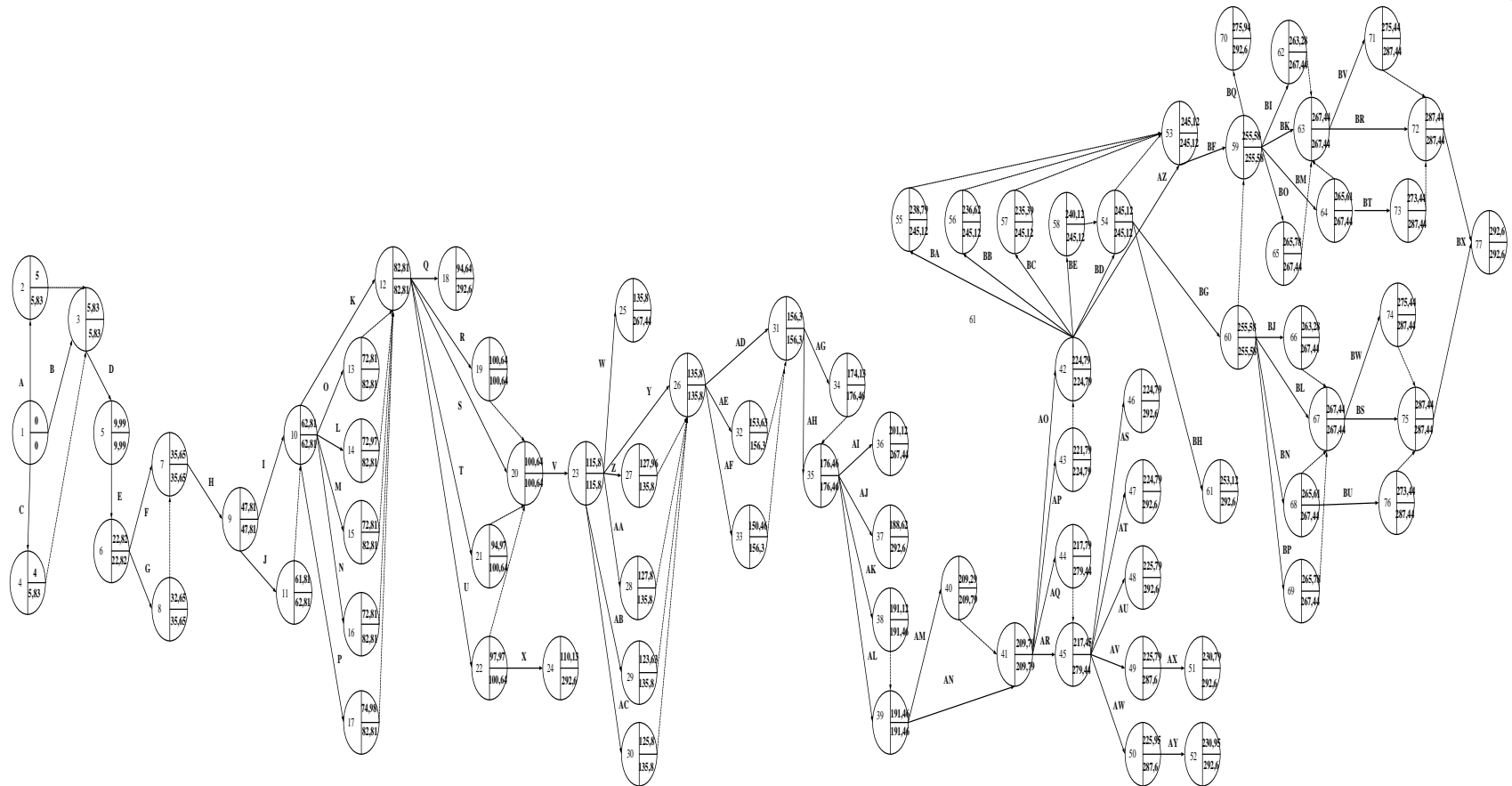
11	Pasang batu-bata lantai 1 dan teras	15	20	25	20	2,77
12	Kolom praktis lantai 1	8	10	13	10,16	0,69
13	Pipa air kotor/air hujan	8	10	12	10	0,44
14	Cor Balok diatas pintu dan jendela lantai 1	8	10	12	10	0,44
15	Pasang kozen pintu dan jendela lantai 1	9	10	11	10	0,11
16	Instalasi titik lampu dan stop kontak lantai 1	6	8	9	7,83	0,25
17	Cor Kanopy beton diatas jendela lantai 1	8	12	15	11,83	1,36
18	Cor Balok beton bertulang 20/30 lantai 2	15	18	20	17,83	0,69
19	Cor Balok beton bertulang 20/40 lantai 2	15	18	20	17,83	0,69
20	Cor Lisplank beton lantai 2	10	12	15	12,16	0,69
21	Cor lantai beton bertulang lantai 2	13	15	18	15,16	0,69
22	Cor Kolom beton bertulang lantai 2	13	15	18	15,16	0,69
23	Plaster batu bata lantai 1	15	20	25	20	2,77
24	Cor Tangga beton bertulang	10	12	15	12,16	0,69
25	Pasang batu bata lantai 2	15	20	25	20	2,77
26	Cor Kolom praktis lantai 2	10	12	15	12,16	0,69
27	Cor balok diatas pintu dan jendela lantai 2	10	12	14	12	0,44
28	Instalasi titik lampu dan stop kontak lantai 2	6	8	9	7,83	0,25
29	Pasang kozen pintu dan jendela lantai 2	9	10	11	10	0,11
30	Cor Balok beton bertulang lantai atap	18	20	25	20,5	1,36
31	Cor Balok beton bertulang lantai + 10.30	14	18	21	17,83	1,36
32	Cor lisplank beton	12	15	16	14,66	0,44
33	Cor lantai beton bertulang lantai atap	14	18	21	17,83	0,69
34	Cor lantai beton bertulang lantai + 10.30	17	20	24	20,16	1,36
35	Plaster batu bata lantai 2	20	25	28	24,66	1,77
36	Cor kanopy beton diatas pintu dan jendela	10	12	15	12,16	0,69
37	Urugan tanah bekas galian	10	15	18	14,66	1,77
38	Tanah urugan bawah lantai	12	15	18	15	1
39	Rabat beton di bawah lantai	15	18	20	17,83	0,69
40	Rabat beton carport dan halaman	17	18	21	18,33	0,44
41	Plaster dan aci lantai atap dan teras	12	15	18	15	1

42	Waterproofing lantai atap dan teras	8	12	16	12	1,77
43	Septictank dan resapan	6	8	10	8	0,44
44	Bak kontrol	4	8	10	7,66	1
45	Floor drains lantai 1	5	7	9	7	0,44
46	Floor drains lantai 2	5	7	9	7	0,44
47	Pipa air bersih	6	8	10	8	0,44
48	Pipa air kloset lantai 1	6	8	10	8	0,44
49	Pipa air kloset lantai 2	6	8	11	8,16	0,69
50	Pemasangan kloset lantai 1	3	5	7	5	0,44
51	Pemasangan kloset lantai 2	3	5	7	5	0,44
52	Kramik lantai 1	18	20	24	20,33	1
53	Keramik lantai dan dinding kamar mandi lantai 1	12	14	16	14	0,44
54	Keramik meja dan dinding dapur lantai 1	10	12	13	11,83	0,25
55	Keramik tangga	8	10	15	10,5	1,36
56	Keramik lantai 2	18	20	24	20,33	1
57	Keramik lantai dan dinding kamar mandi lantai 2	12	15	20	15,33	1,77
58	Plint keramik lantai 1	8	10	13	10,16	0,69
59	Plint keramik lantai 2	8	10	13	10,16	0,69
60	Waterproofing kamar mandi	8	8	8	8	0
61	Daun jendela dan pintu lantai 1	6	8	10	8	0,44
62	Daun jendela dan pintu lantai 2	6	8	10	8	0,44
63	Kunci, engsel, hak angin dan engsel jendela dan pintu lantai 1	10	12	15	12,16	0,69
64	Kunci, engsel, hak angin dan engsel jendela dan pintu lantai 2	10	12	15	12,16	0,69
65	Plapon gypsum lantai 1	8	10	14	10,33	1
66	Plapon gypsum lantai 2	8	10	14	10,33	1
67	Stop kontak, sekelar dan kotak mcb lantai 1	8	10	15	10,5	1,36
68	Stop kontak, sekelar dan kotak mcb lantai 2	8	10	15	10,5	1,36
69	Relief dan profil tampak depan	18	20	26	20,66	1,77
70	Cat dinding dalam dan luar lantai 1	15	20	25	20	2,77
71	Cat dinding dalam dan luar lantai 2	15	20	25	20	2,77
72	Cat plafon lantai 1	5	8	10	7,83	0,69
73	Cat plafon lantai 2	5	8	10	7,83	0,69
74	Cat minyak kozen,pintu dan jendela lantai 1	6	8	10	8	0,44
75	Cat minyak kozen,pintu dan jendela lantai 2	6	8	10	8	0,44
76	Pembersihan dan perapian	4	5	7	5,16	0,25

Setelah waktu yang diharapkan dan variansnya didapatkan, langkah selanjutnya adalah membuat jaringan kerja kegiatannya untuk mengetahui lintasan kritis dan *slack* untuk setiap kegiatannya.

4.2.3 Membuat Jaringan Kerja dengan Metode PERT dan CPM

Setelah mengurutkan waktu dan menentukan te , langkah selanjutnya adalah membuat jaringan kerja pelaksanaan proyek. Adapun tujuan dari jaringan kerja ini adalah untuk mengetahui lintasan kritis dan *slack* untuk setiap kegiatan, jaringan kerja pada proyek perumahan royal platinum adalah sebagai berikut:



Gambar 4.1 Analisis Jaringan Perumahan Royal Platinum

Perhitungan jaringan kerja pada Gambar 4.1 diatas dilakukan dengan perhitungan maju dan perhitungan mundur berdasarkan persamaan Rumus 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6 dan 2.8. Adapun langkah-langkah perhitungan total *slack* adalah sebagai berikut :

a. Perhitungan maju

➤ Kegiatan Direksikeet (A)

$$ES(1,2) = TE(2) = 0$$

$$EF(1,2) = ES(1,2) + t(1,2)$$

$$= TE(2) + t(1,2)$$

$$= 0 + 5 = 5$$

➤ Kegiatan Air Kerja (B)

$$ES(1,3) = TE(3) = 0$$

$$EF(1,3) = ES(1,3) + t(1,3)$$

$$= TE(3) + t(1,3)$$

$$= 0 + 5,83 = 5,83$$

➤ Kegiatan Listrik Kerja (C)

$$ES(1,4) = TE(4) = 0$$

$$EF(1,4) = ES(1,4) + t(1,4)$$

$$= TE(4) + t(1,4)$$

$$= 0 + 4 = 4$$

Perhitungan maju pada kegiatan direksikeet (A), air kerja (B), dan listrik kerja (C) diambil yang paling besar berdasarkan persamaan Rumus 2.3 sebagai berikut:

$$TE = \max (EF(1,2), EF(1,3), EF(1,4))$$

$$= EF(1,3) = 5,83$$

b. Perhitungan mundur

➤ Kegiatan Pembersihan dan Perapian (BX)

$$TL(76) = TE(76)$$

$$= 292,6$$

$$LS(i,j) = TL(j) - t(i,j)$$

$$LS(72,77) = TL(77) - t(72,77) \\ = 292,6 - 5,16 = 287,44$$

- Kegiatan cat minyak kozen, pintu, dan jendela lantai 1 (BV),

$$TL(74) = TE(74)$$

$$LS(i,j) = TL(j) - t(i,j)$$

$$LS(63,71) = TL(71) - t(63,71) \\ = 287,44 - 8 = 279,44$$

- Kegiatan cat dinding dalam dan luar lantai 1 (BR)

$$TL(70) = TE(70)$$

$$LS(i,j) = TL(j) - t(i,j)$$

$$LS(63,72) = TL(72) - t(63,72) \\ = 287,44 - 20 = 267,44$$

Perhitungan mundur pada kegiatan Pembersihan dan Perapian (BX), Kegiatan cat minyak kozen, pintu, dan jendela lantai 1 (BV), dan Kegiatan cat dinding dalam dan luar lantai 1 (BR) diambil yang paling kecil berdasarkan persamaan Rumus 2.6 sebagai berikut:

$$TL(i) = \min (LS(63,74), LS(63,72)) \\ = LS(63,72) = 267,44$$

c. Total *slack*

- Kegiatan cat dinding dalam dan luar lantai 1 (BR)

$$S(63,72) = TL(72) - TE(63) - t(63,72) \\ = 287,44 - 267,44 - 20 = 0$$

- Kegiatan cat minyak kozen, pintu, dan jendela lantai 1 (BV)

$$S(63,71) = TL(71) - TE(63) - t(63,71) \\ = 287,44 - 267,44 - 8 = 12$$

Hasil perhitungan lintasan kritis dan kelonggaran waktunya (*slack*) selengkapnya diperoleh seperti tabel di bawah ini:

Tabel 4.4 Perhitungan Lintasan Kritis dan *Slack*

No	Simbol kegiatan	Waktu (te)	Waktu paling cepat		Waktu paling lambat		Slack (s)	Ket
			Mulai (ES)	Selesai (EF)	Mulai (LS)	Selesai (LF)		
1	A	5	0	5	0,83	5,83	0,83	
2	B	5,83	0	5,83	0	5,83	0	Kritis
3	C	4	0	4	1,83	5,83	1,83	
4	D	4,16	5,83	9,99	5,83	9,99	0	Kritis
5	E	12,83	9,99	22,82	9,99	22,82	0	Kritis
6	F	12,83	22,82	35,65	22,82	35,65	0	Kritis
7	G	9,83	22,82	32,65	25,82	35,65	3	
8	H	12,16	35,65	47,81	35,65	47,81	0	Kritis
9	I	15	47,81	62,81	47,81	62,81	0	Kritis
10	J	14	47,81	61,81	48,81	62,81	1	
11	K	20	62,81	82,81	62,81	82,81	0	Kritis
12	L	10,16	62,81	72,97	72,65	82,81	9,84	
13	M	10	62,81	72,81	72,81	82,81	10	
14	N	10	62,81	72,81	72,81	82,81	10	
15	O	10	62,81	72,81	72,81	82,81	10	
16	P	7,83	62,81	70,64	74,98	82,81	12,17	
17	Q	11,83	82,81	94,64	280,77	292,6	197,96	
18	R	17,83	82,81	100,64	82,81	100,64	0	Kritis
19	S	17,83	82,81	100,64	82,81	100,64	0	Kritis
20	T	12,16	82,81	94,97	88,48	100,64	5,67	
21	U	15,16	82,81	97,97	85,48	100,64	2,67	
22	V	15,16	100,64	115,8	100,64	115,8	0	Kritis
23	W	20	115,8	135,8	247,44	267,44	131,64	
24	X	12,16	97,97	110,13	280,44	292,6	182,47	
25	Y	20	115,8	135,8	115,8	135,8	0	Kritis
26	Z	12,16	115,8	127,96	123,64	135,8	7,84	
27	AA	12	115,8	127,8	123,8	135,8	8	
28	AB	7,83	115,8	123,63	127,97	135,8	12,17	
29	AC	10	115,8	125,8	125,8	135,8	10	
30	AD	20,5	135,8	156,3	135,8	156,3	0	Kritis
31	AE	17,83	135,8	153,63	138,47	156,3	2,67	
32	AF	14,66	135,8	150,46	141,64	156,3	5,84	
33	AG	17,83	156,3	174,13	158,63	176,46	2,33	
34	AH	20,16	156,3	176,46	156,3	176,46	0	Kritis
35	AI	24,66	176,46	201,12	242,78	267,44	66,32	
36	AJ	12,16	176,46	188,62	280,44	292,6	103,98	
37	AK	14,66	176,46	191,12	176,8	191,46	0,34	
38	AL	15	176,46	191,46	176,46	191,46	0	Kritis
39	AM	17,83	191,46	209,29	191,96	209,79	0,5	

40	AN	18,33	191,46	209,79	191,46	209,79	0	Kritis
41	AO	15	209,79	224,79	209,79	224,79	0	Kritis
42	AP	12	209,79	221,79	212,79	224,79	3	
43	AQ	8	209,79	217,79	271,44	279,44	61,65	
44	AR	7,66	209,79	217,45	271,78	279,44	61,99	
45	AS	7	217,79	224,79	285,6	292,6	67,81	
46	AT	7	217,79	224,79	285,6	292,6	67,81	
47	AU	8	217,79	225,79	284,6	292,6	66,81	
48	AV	8	217,79	225,79	279,6	287,6	61,81	
49	AW	8,16	217,79	225,95	279,44	287,6	61,65	
50	AX	5	225,79	230,79	287,6	292,6	61,81	
51	AY	5	225,95	230,95	287,6	292,6	61,65	
52	AZ	20,33	224,79	245,12	224,79	245,12	0	Kritis
53	BA	14	224,79	238,79	231,12	245,12	6,33	
54	BB	11,83	224,79	236,62	233,29	245,12	8,5	
55	BC	10,5	224,79	235,29	234,62	245,12	9,83	
56	BD	20,33	224,79	245,12	224,79	245,12	0	Kritis
57	BE	15,33	224,79	240,12	229,79	245,12	5	
58	BF	10,16	245,12	255,28	245,12	255,28	0	Kritis
59	BG	10,16	245,12	255,28	245,12	255,28	0	Kritis
60	BH	8	245,12	253,12	284,6	292,6	39,48	
61	BI	8	255,28	263,28	259,44	267,44	4,16	
62	BJ	8	255,28	263,28	259,44	267,44	4,16	
63	BK	12,16	255,28	267,44	255,28	267,44	0	Kritis
64	BL	12,16	255,28	267,44	255,28	267,44	0	Kritis
65	BM	10,33	255,28	265,61	257,11	267,44	1,83	
66	BN	10,33	255,28	265,61	257,11	267,44	1,83	
67	BO	10,5	255,28	265,78	256,94	267,44	1,66	
68	BP	10,5	255,28	265,78	256,94	267,44	1,66	
69	BQ	20,66	255,28	275,94	271,94	292,6	16,66	
70	BR	20	267,44	287,44	267,44	287,44	0	Kritis
71	BS	20	267,44	287,44	267,44	287,44	0	Kritis
72	BT	7,83	265,61	273,44	279,61	287,44	14	
73	BU	7,83	265,61	273,44	279,61	287,44	14	
74	BV	8	267,44	275,44	279,44	287,44	12	
75	BW	8	267,44	275,44	279,44	287,44	12	
76	BX	5,16	287,44	292,6	287,44	292,6	0	Kritis

Lintasan kritis pada tabel ini adalah yang dilalui oleh kegiatan B-D-E-F-H-I-K-S-V-Y-AD-AH-AL-AN-AO-AZ-BF-BK-BR-BX dan B-D-E-F-H-I-K-S-V-Y-AD-AH-AL-AN-AO-AZ-BG-BL-BS-BX dengan jumlah variansnya adalah 20.54. Setelah

didapatkan lintasan kritis dan varians lintasan kritisnya, langkah selanjutnya adalah mencari probabilitas selesainya proyek.

4.2.4 Probabilitas Selesainya Proyek dengan Metode PERT

Setelah didapatkan lintasan kritis dari analisis jaringan pada Tabel 4.4, langkah selanjutnya melihat probabilitas selesainya proyek sesuai waktu yang ditargetkan. Target penyelesaian proyek perumahan royal platinum adalah selama 10 bulan (300 hari), jadi probabilitas selesainya proyek berdasarkan Rumus 2.12 adalah

$$Z = \frac{300 - 292,6}{\sqrt{20,54}} = \frac{7,4}{4,53} \\ = 1,63$$

Nilai $Z = 1,63$ pada tabel distribusi normal diperoleh 0,4484, nilai ini menunjukkan bagian kurva disebelah kanan T_e dan dibatasi oleh $T_d = 300$. Sehingga tingkat kebenaran proyek tersebut bisa diselesaikan pada 10 bulan (300 hari) adalah 94,84%. Probabilitas ini sangat baik dalam pembangunan proyek perumahan royal platinum, karena keberhasilan penyelesaian proyek sesuai target yang telah ditentukan. Setelah mengetahui probabilitas selesainya proyek langkah selanjutnya mencari penambahan biaya minimum jika beberapa kegiatan dipercepat dari target yang ditentukan.

4.2.5 Percepatan Beberapa Kegiatan dengan Metode CPM

Percepatan beberapa kegiatan untuk mendapatkan penambahan biaya yang paling minimum dilakukan pada kegiatan yang dilalui oleh lintasan kritis. Berdasarkan Gambar 4.1 dan Tabel 4.4 lintasan kritis dalam pelaksanaan proyek perumahan royal platinum adalah B-D-E-F-H-I-K-S-V-Y-AD-AH-AL-AN-AO-AZ-BF-BK-BR-BX dan B-D-E-F-H-I-K-S-V-Y-AD-AH-AL-AN-AO-AZ-BG-BL-BS-BX. Percepatan yang akan dilakukan pada lintasan kritis disini adalah selama 8 hari, dimana akan dilihat penambahan biaya yang minimum dengan percepatan waktu

pelaksanaan proyek. Adapun daftar biaya normal dan biaya percepatan yang dilalui lintasan kritis adalah :

Tabel 4.5 Biaya Normal dan Percepatan pada Lintasan Kritis

No	Kegiatan	Waktu normal		Waktu dipercepat	
		Waktu	Biaya	Waktu	Biaya
1	B	5,83	Rp. 3.078.240	3,83	Rp. 3.245.240
2	D	4,16	Rp. 1.830.400	3,16	Rp. 1.918.400
3	E	12,83	Rp. 11.290.400	10,83	Rp. 11.466.400
4	F	12,83	Rp. 10.161.360	11,83	Rp. 10.337.360
5	H	12,16	Rp. 42.803.200	11,16	Rp. 43.006.200
6	I	15	Rp. 39.600.000	14	Rp. 39.952.000
7	K	20	Rp. 35.200.000	18	Rp. 35.376.000
8	S	17,83	Rp. 47.071.200	16,83	Rp. 47.511.200
9	V	15,16	Rp. 40.022.400	14,83	Rp. 40.462.400
10	Y	20	Rp. 35.200.000	18	Rp. 35.376.000
11	AD	20,5	Rp. 54.120.000	19,5	Rp. 54.560.000
12	AH	20,16	Rp. 47.071.200	19,16	Rp. 47.511.200
13	AL	15	Rp. 10.560.000	13	Rp. 10.736.000
14	AN	18,33	Rp. 24.195.600	16,33	Rp. 24.459.600
15	AO	15	Rp. 13.200.000	13	Rp. 13.376.000
16	AZ	20,33	Rp. 26.835.600	18,33	Rp. 27.099.600
17	BF	10,16	Rp. 8.940.800	8,16	Rp. 9.204.800
18	BG	10,16	Rp. 8.940.800	8,16	Rp. 9.204.800
19	BK	12,16	Rp. 10.700.800	10,16	Rp. 10.788.800
20	BL	12,16	Rp. 10.700.800	10,16	Rp. 10.788.800
21	BR	20	Rp. 35.200.000	18	Rp. 35.376.000
22	BS	20	Rp. 35.200.000	18	Rp. 35.376.000
23	BX	5,16	Rp. 3.178.560	4,16	Rp. 3.266.560

Setelah didapatkan biaya normal dan percepatan, langkah selanjutnya adalah menentukan *slope* biaya untuk melihat penambahan biaya yang terkecil dari setiap kegiatan yang dilalui oleh lintasan kritis. Pencarian *slope* biaya berdasarkan Persamaan 2.12 adalah sebagai berikut:

- Kegiatan Air Kerja (B)

$$\text{Slope Biaya B} = \frac{\text{Biaya Dipercepat B} - \text{Biaya Normal B}}{\text{Waktu Normal B} - \text{Waktu Dipercepat B}}$$

$$\text{Slope biaya B} = \frac{3.245.240 + 3.078.240}{5,83 - 3,83} = \frac{176.000}{2} = 88.000$$

- Kegiatan Pasang Bowplank (D)

$$\text{Slope Biaya D} = \frac{\text{Biaya Dipercepat D} - \text{Biaya Normal D}}{\text{Waktu Normal D} - \text{Waktu Dipercepat D}}$$

$$\text{Slope biaya D} = \frac{1.918.400 + 1.830.400}{4,16 - 3,16} = \frac{88.000}{1} = 88.000$$

Langkah ini dilakukan untuk setiap kegiatan yang dilalui oleh lintasan kritis. Adapun *slope* biaya yang diperoleh dalam pembangunan proyek perumahan Royal Platinum adalah:

Tabel 4.6 *Slope* Biaya Lintasan Kritis

No	Kegiatan	<i>Slope</i> Biaya
1	B	Rp. 88.000
2	D	Rp. 88.000
3	E	Rp. 88.000
4	F	Rp. 176.000
5	H	Rp. 176.000
6	I	Rp. 352.000

7	K	Rp. 88.000
8	S	Rp. 440.000
9	V	Rp. 440.000
10	Y	Rp. 88.000
11	AD	Rp. 440.000
12	AH	Rp. 440.000
13	AL	Rp. 88.000
14	AN	Rp. 132.000
15	AO	Rp. 88.000
16	AZ	Rp. 132.000
17	BF	Rp. 132.000
18	BG	Rp. 132.000
19	BK	Rp. 44.000
20	BL	Rp. 44.000
21	BR	Rp. 88.000
22	BS	Rp. 88.000
23	BX	Rp. 88.000

Berdasarkan Tabel 4.6 di atas didapatkan *slope* biaya untuk setiap kegiatan yang dilalui oleh lintasan kritis. Penambahan biaya yang paling minimum pada Tabel 4.6 adalah terletak pada kegiatan BK dan BL, jadi kegiatan ini yang pertama dipercepat. Langkah ini dilakukan untuk kegiatan-kegiatan selanjutnya, sehingga diperoleh penambahan biaya minimum untuk pelaksanaan proyek selama 292,6 hari adalah sebagai berikut:

Tabel 4.7 Penambahan Biaya Minimum

No	Kegiatan	Waktu percepatan	Biaya
1	BK	2	Rp. 88.000
	BL	2	Rp. 88.000
2	B	2	Rp. 176.000
3	D	1	Rp. 88.000
5	BX	1	Rp. 88.000
	Jumlah		Rp. 528.000

Berdasarkan Tabel 4.7 didapatkan penambahan biaya minimum jika pelaksanaan proyek dipercepat selama 8 hari dari waktu normalnya adalah Rp. 528.000.

Berdasarkan hasil pembahasan pada Bab IV ini, diperoleh probabilitas selesainya proyek pembangunan perumahan Royal Platinum yang ditargetkan selesai dalam 300 hari adalah mencapai 94,84%. Adapun penambahan biaya yang harus dikeluarkan jika proyek tersebut dipercepat dari waktu normalnya selama 8 hari adalah Rp. 528.000.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab IV diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Probabilitas pelaksanaan proyek pada 10 bulan (300 hari) adalah mencapai 0,9484. Berdasarkan hasil probabilitas tersebut dapat disimpulkan bahwa proyek tersebut mempunyai tingkat keberhasilan dapat dilaksanakan pada target yang ditentukan adalah mencapai 94,84 persen. Hal ini menandakan penundaan waktu pada lapangan proyek tidak ada masalah dan sesuai dengan rencana yang diinginkan.
2. Berdasarkan probabilitas pelaksanaan proyek yang mencapai 94,84 persen, jika percepatan dilakukan selama 8 hari dari waktu normalnya, maka biaya penambahan yang harus dikeluarkan adalah Rp. 528.000. Biaya ini diperoleh dari percepatan beberapa kegiatan yang dilalui oleh lintasan kritis yang mempunyai *slope* biaya terendah dibandingkan dengan kegiatan-kegiatan yang lainnya.

5.2 Saran

Tugas akhir ini menjelaskan optimasi pelaksanaan Proyek Perumahan pada Royal Platinum di jalan Arengka II pekanbaru. Bagi para pembaca yang ingin meneruskan penelitian ini, penulis menyarankan untuk meneliti perbandingan waktu perencanaannya dengan *real timenya* atau mencari optimasi pelaksanaan proyek lain dan mencari metode lain yang lebih signifikan untuk digunakan dalam pelaksanaan proyek.

DAFTAR PUSTAKA

- Danyanti, E. "Optimalisasi Pelaksanaan Proyek dengan Metode PERT dan CPM". *Jurnal Fakultas Ekonomi Universitas Diponegoro*. 2010.
- Davidson, Jeff. *Manajemen Proyek*. Andi, Yogyakarta. 2002.
- Dimiyati, T.T dan A. Dimiyati. *Operation Research Model-Model Pengambilan Keputusan Edisi 1*. Sinar Baru, Bandung. 1992.
- Hakim, Arman Nasution. *Manajemen Industri*. Andi, Yogyakarta. 2005.
- Herjanto, Eddy. *Manajemen Operasi Edisi ketiga*. Grasindo, Jakarta. 1997.
- Hiller dan Lieberman. *Operations Research Edisi Kedelapan*. Andi, Yogyakarta. 2008.
- Mahanavami, G.A. "Perencanaan Waktu Pelaksanaan Proyek dengan Metode PERT". *Jurnal Dosen STIMI "Handayani" Denpasar*. 2008.
- Maharesi, Retno. "Penjadwalan Proyek dengan Menggabungkan Metode PERT dan CPM". *Fakultas Ilmu Komputer Universitas Gunadarma*. 2002.
- Mulyono, Sri. *Riset Operasi*. Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta. 2004.
- Nugroho Andri Aryo. "Optimalisasi Penjadwalan Proyek pada Pembangunan Gedung Khusus (Laboratorium) Stasiun Karantina Ikan Kelas 1 Tanjung Mas Semarang". *Skripsi. Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Semarang*. 2007.
- Sinarmata, A. *Operations Research Teknik-teknik Optimasi Kuantitatif dari Sistem-sistem Operasional*. Edisi ketiga. Gramedia, Jakarta. 1985.
- Siswanto. *Operations Research Jilid 2*. Erlangga, Jakarta. 2007.
- Soeharto, Iman. *Manajemen Proyek Edisi kedua*. Erlangga, Jakarta. 1999.
- Subagyo, Pangestu. *Dasar-dasar Operation Research Edisi kedua*. BPFE, Yogyakarta. 2005.